FERRAMENTAS E INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Dalson Ribeiro Nunes

Campos dos Goytacazes, RJ

2010

AGRADECIMENTOS

A Germano Rangel, Marcelo Félix, Ivan Costa, Maria Inês Paes, Paulo Rogério e Nogeira de Souza pelo apoio e confiança.

A Marcos Antônio Cruz, por ter aceitado minha transferência do antigo CEFET Rio Pomba para o CEFET Campos UNED MACAÉ, hoje Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IF Fluminense Campus Macaé.

E a todos os meus alunos.

APRESENTAÇÃO

O professor Dalson Ribeiro Nunes tem sido um incansável na busca do conhecimento e acompanhamento das evoluções relacionadas à eletricidade, eletrônica e medidas elétricas e seus respectivos equipamentos e componentes no segmento industrial. Além disso, tem sempre buscado novos meios para aplicações práticas juntos aos seus alunos dos conceitos teóricos em que a eletro-eletrônica se apóia.

Sua longa experiência e empenho como profissional em diversas empresas de renome no país e o seu trabalho como professor de ensino técnico e tecnológico, desde o então Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET em algumas unidades do país, vem consolidando através de diversas apostilas de sua autoria para uso didático e, nos últimos anos, como coordenador de laboratórios da área industrial no Instituto Federal Fluminense – Campus Macaé.

Tal empenho se prova através deste livro aqui apresentado, resultado da longa trajetória como professor em laboratórios de diversas áreas como Medidas Elétricas, Eletrônica, Hardware de informática e Telecomunicações.

A forma como o livro está estruturado atende a públicos distintos, aqueles que pretendem se iniciar no assunto e os conhecedores do tema, que buscam uma literatura que contemple todo o conjunto de ferramentas e instrumentos utilizados nas áreas de eletrotécnica e eletrônica. Assim, este livro é útil para alunos, através de uma linguagem de fácil compreensão, para professores da área e para profissionais que queiram aprofundar seus conhecimentos, através de detalhes técnicos de instrumentos que muito contribuirão para suas atividades.

O autor está de parabéns, uma iniciativa desta natureza, que busca estabelecer uma bibliografia de consulta permanente, retorna para a sociedade como um investimento para o saber tecnológico.

Slavson Silveira Motta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 6

PREFÁCIO

Durante a elaboração deste livro, procurei inicialmente apresentar os conceitos básicos sobre algumas ferramentas mais populares, seguindo o estudo dos Equipamentos de Medidas Elétricas e sempre que possível com ilustrações. Tomei por base os equipamentos utilizados nas aulas práticas de laboratórios do IF Fluminense Campus Macaé, incluindo os conceitos de atividades de operação e manutenção.

Foi incluída uma quantidade de detalhes sobre circuitos e abordagem de tópicos suficientes para proporcionar material, a dois ou até três componentes curriculares, dependendo do ritmo e da profundidade desejados.

INTRODUÇÃO

Objetivos

O principal objetivo deste livro é tornar facilmente compreensíveis os princípios de Equipamentos de Medidas e Ferramentas, satisfazendo as necessidades não só dos Programas Acadêmicos de Engenharia Elétrica, mas também do currículo de Cursos Técnicos.

Este livro exige como pré-requisto conhecimentos básicos em Teoria de Circuitos e Fundamentos de Eletrônica em estado sólido. O material aqui apresentado foi desenvolvido a partir de roteiros de aula de práticas de Medidas Elétricas.

A obra parte de duas premissas: primeira é saber que a magia compreendida é mais segura e poderosa que a magia não conhecida. Este não é um livro do tipo pegue-e-faça. Não veja as ilustrações procurando como desparafusar essa parte ou aquela, mas como uma forma de conhecer melhor o que está acontecendo por dentro de todos esses componentes que passam a ser menos formidáveis quando alguma coisa realmente dá errado; a segunda premissa, que vai além deste livro, é que o conhecimento em si vale à pena e é um objetivo bastante proveitoso e agradável.

Justificativa

A cadeira de Prática de Medidas Elétricas para os Cursos Técnicos de Nível Médio vem sendo, ao longo dos tempos, um grande desafio para os docentes em virtude da escassez de bibliografia na Educação Profissional e Tecnológica.

Com o intuito de ajudar a preencher essa lacuna, surgiu a idéia desta obra, fruto de uma vivência em empresas privadas e na Educação Profissional e Tecnológica, no Curso Técnico em Eletrônica, na Prática de Laboratórios, que visa a atender aos requisitos básicos do componente curriculares sem evitar o tratamento teórico frequentemente por ele requerido. O que pode fazer desta obra uma fonte de consulta para os alunos dos Cursos Técnicos de Eletrônica, Eletromecânica e Automação Industrial como também Engenharia, de principalmente em Física Experimental e Medidas Elétricas.

No entanto, um livro é apenas um pedaço de papel se não for lido, avaliado e discutido. Leia, estude e aplique. Em caso de dúvida consulte seu professor e na ausência deste, converse com seus colegas.

FERRAMENTAS

1 Chave de fenda e alicate

A execução das instalações elétricas, como de resto a realização de qualquer instalação ou montagem, depende muito do ferramental empregado e de como o mesmo é utilizado. Instrumentos e ferramentas adequadas ao serviço que se está realizando facilitam o trabalho e dão correção e segurança ao mesmo.

Com ferramentas adequadas ao serviço, ganha-se tempo, executa-se a tarefa dentro do melhor padrão e despende-se menos energia.

Descrevemos, a seguir, as principais ferramentas empregadas em trabalhos de eletricidade, seu uso correto e em que são mais empregadas.

1.1 Chave de aperto

Descrição

São ferramentas geralmente de aço vanádio ou aço cromo extraduro, que utilizam o princípio da alavanca para apertar ou desapertar parafusos e porcas.

Comentários

As chaves de aperto caracterizam-se por seus tipos e formas, apresentando-se em tamanhos diversos e tendo o cabo (ou braço) proporcional à boca.

Classificação

As Chaves de aperto classificam-se em:

Chave Allen

Chave Soquete

A Chave Allen ou Chave para Encaixe Hexagonal é utilizada em parafusos cuja cabeça tem um sextavado interno. É encontrada em jogo de seis ou sete chaves.

Figura 1 – Chave Allen
Fonte: Catálogo da Belzer, 2008/9

1.2 Chave de soquete

Indicada para eletroeletrônica e mecânica leve. Capacidade de uso em locais de difícil acesso.

Figura 2 – Chave soquete
Fonte: Catálogo Belzer, 2008/9

Chaves de estrias. Também conhecidas como "**chave cachimbo**". Substituem as chaves de estrias e de boca. Permitem ainda operar em montagem e manutenção de parafusos ou porcas embutidos em lugares de difícil acesso.

Recomendações

Algumas medidas devem ser observadas para a utilização e conservação das chaves de aperto, tais como:

1. Devem estar justas nos parafusos ou porcas.
2. Evitar dar golpes com as chaves.
3. Limpá-las após o uso.
4. Guardá-las em lugares apropriados.

1.3 Chave de parafuso ou fenda

A chave de parafuso de fenda é uma ferramenta de aperto constituída de uma haste cilíndrica de aço carbono, com uma de suas extremidades forjada em forma de cunha e a outra em forma de espiga prismática ou cilíndrica estriada, na qual se acopla um cabo de madeira ou plástico.

É empregada para apertar e desapertar parafusos cujas cabeças tenham fendas ou ranhuras que permitam a entrada da cunha.

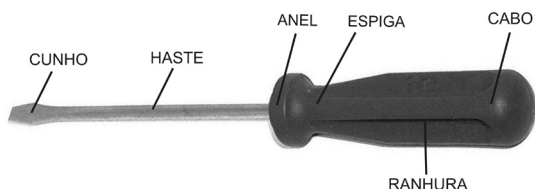



FIGURA 3 – CHAVE DE PARAFUSO DE FENDA
FONTE: CATÁLOGO MAYE, 2008/9

Características

A chave de fenda deve apresentar as seguintes características:

1. Ter sua cunha temperada e revestida.
2. Ter as faces de extremidade da cunha, em planos paralelos.
3. Ter o cabo ranhura do longitudinalmente, que permita maior firmeza no aperto, e bem engastado na haste da chave.
4. Ter a forma e dimensões das cunhas proporcionais ao diâmetro da haste da chave.

Para parafusos de fenda cruzada, usa-se uma chave com cunha em forma de cruz, chamada Chave Phillips.

FIGURA 4 – CHAVE DE FENDA COM CUNHA EM FORMA DE CRUZ
FONTE: CATÁLOGO MAYLE, 2008/9

1.4 Alicates

Descrição

São ferramentas manuais de aço carbono feitas por fundição ou forjamento, compostas de dois braços e um pino de articulação, tendo em uma das extremidades dos braços suas garras, cortes e pontas, temperadas e revestidas.

Utilização

O Alicate serve para segurar por apertos, cortar, dobrar, colocar e retirar determinadas peças nas montagens.

Classificação

Os principais tipos de alicate são:

1. Alicate Universal,
2. Alicate de Corte,
3. Alicate de Bico,
4. Alicate de Compressão,
5. Alicate de Eixo Móvel.

O **Alicate Universal** serve para efetuar operações como segurar, cortar e dobrar.

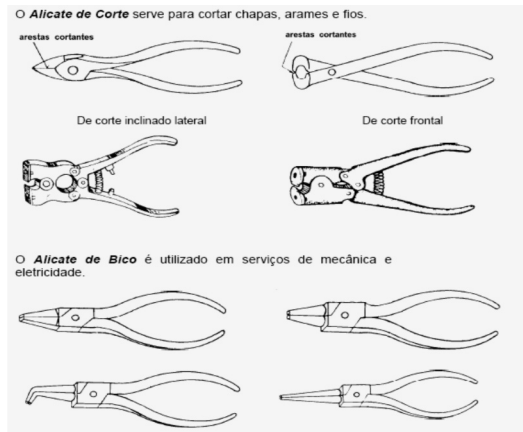
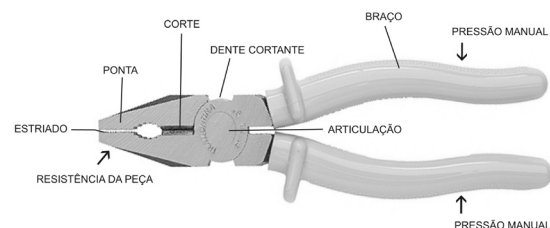



Figura 5 – Alicate universal
Fonte: Catálogo Belzer, 2008/9

O **Alicate de Compressão** trabalha por pressão e dá um aperto firme às peças, sendo sua pressão regulada por intermédio de um parafuso existente na extremidade.

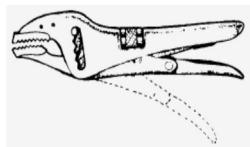



Figura 6 – Alicate de compressão
Fonte: Catálogo de Mayle, 2008/9

O **Alicate de Eixo Móvel** é utilizado para trabalhar com peças cilíndricas, sendo sua articulação móvel, para possibilitar maior abertura.

Figura 7 – Alicate de eixo móvel
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

Desencapador de fios

Pode ser bastante simples como o do tipo que se assemelha a um alicate. Regula-se a abertura das lâminas de acordo com o diâmetro do condutor a ser desencapado.

Outro tipo de desencapador é o desarme automático. Nele existem orifícios com diâmetros reguláveis correspondentes aos diversos condutores. Ao pressionar suas hastes, tanto o corte como a remoção da isolação são executados.

1.5 Alicate de prensa terminal

Alicate manual

Figura 8 – Alicate manual
Fonte: Catálogo Belzer, 2008/9

Utiliza-se o alicate manual para instalar terminais e emendas não isolados. Possui matriz fixa para compressão, cortadora e desencapadora de fios e cabos.

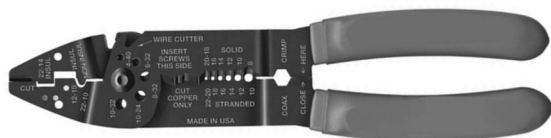



Figura 9 – Alicate manual
Fonte: MEDOT, 1980?

1.6 Alicate manual de pressão

Alicate manual de pressão é usado para instalação de terminais e emendas pré-isoladas. Possui três matrizes fixadas para a compressão e cortadora de fios e cabos. Permite fazer a compressão de terminais e emendas numa só operação.

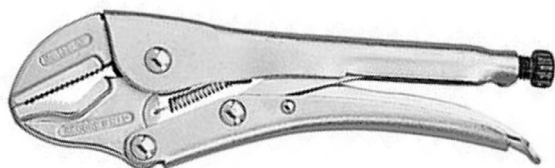



Figura 10 – Alicate manual de pressão
Fonte: Catálogo Beller, 2008/9

Alicate de pressão funciona sob o princípio de catraca e destina-se, exclusivamente, à fixação dos terminais e emendas pré-isoladas. Possui matrizes que realizam, simultaneamente, as compressões do barril e da luva plástica dos terminais.

1.7 Alicate de pressão

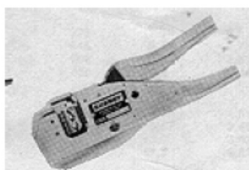



Figura 11 – Alicate de pressão manual
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

Compressor manual, para instalação de conectores, vem equipado com ninho regulável, ajustado à medida desejada, bastando girar o parafuso regulador que se encontra na cabeça da ferramenta. Junto à matriz, encontra-se uma escala de aço gravada com as várias graduações, que orienta a ajustagem, podendo ser fixado em uma bancada.

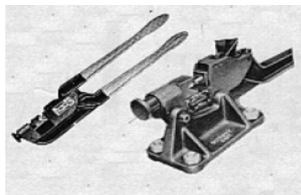



Figura 12 – Compressor manual
Fonte: Catálogo Beller, 2008/9

1.8 Alicate hidráulico

O alicate hidráulico tem a cabeça rotativa, permitindo a sua utilização em qualquer ângulo. Possui um avanço manual, além do avanço hidráulico, o que permite o ajuste rápido da abertura dos mordentes. Todo alicate é isolado com neoprene, excetuada a cabeça. Utilizável com matrizes intercambiáveis para vários diâmetros de terminais.

Figura 13 – Alicate hidráulico
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

Figura 14 – Conectores à compressão para alicate hidráulico
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

1.9 Alicate rebitador

Alicate usado para efetuar a fixação de peças com rebites.

Figura 15 – Alicate rebitador
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

Rebites:

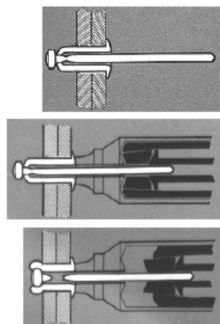



Figura 16 – Tipos de rebites
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

2. Ferro de solda

É destinado à execução de soldas de estanho, usuais em instalações elétricas. É uma ferramenta que armazena o calor produzido por uma chama ou resistência elétrica e o transfere para as peças a serem soldadas e a própria solda, de modo a fundi-la. A solda fundida adere às peças a unir, solidificando-se ao esfriar. Os ferros de soldar são de três tipos principais: comuns, a gás e elétricos. Ferros maiores são usados para a solda de peças grandes que exigem maior quantidade de calor. Os ferros de solda elétricos são encontrados no mercado com diversas formas e potências. Normalmente são de 20, 60, 100, 200, 450 ou mais watts de potência.

Figura 17 – Tipos de ferro de solda
Fonte: Catálogo Mayle, 2008/9

Ao ligar o ferro de solda, uma corrente elétrica percorre sua resistência interna, esquentando-a, e o calor é transmitido à ponta cobreada. Para proteger a mão do usuário do calor, o suporte que ele segura é feito de isolante térmico (madeira ou similar). A potência do ferro e a quantidade de calor produzido são proporcionais (inversamente) ao valor da resistência interna.

Após algum tempo, é comum ocorrer falha na resistência interna. Ela pode ser trocada por outra nova, retirando-a pelo lado oposto à cobreada. Na substituição, usa-se o mesmo valor de resistência original, para não alterar a potência do ferro (essa resistência é composta por fios separados e envoltos em material isolante).

A ponta cobreada deve ser mantida constantemente limpa, livre de gorduras ou resíduos. Para tanto, usa-se uma lixa grossa ou palha de aço; bastante prática é uma escova de madeira, com fios de palha de aço (que podem ser fixados com Durepoxi). Sujeira e gordura vão se introduzindo na ponta cobreada, na sua parte não exposta, que fica dentro da armadura em contacto com a resistência, o que prejudica a transmissão de calor para a solda. Neste caso, a ponta é retirada, afrouxado o parafuso de fixação, e limpa com a lixa. Se a ponta estiver muito grossa, ela pode ser limada até ficar pontiaguda.

Existem soldas com ou sem núcleo de resina. No primeiro, caso basta esquentar as superfícies a serem soldadas e colocar entre elas a solda, que se derreterá. Mas se for solda sem núcleo de resina, é preciso antes passar pasta de solda nas superfícies, caso contrário ela não se derreterá. O ferro de solda é o mesmo para os dois tipos de solda.

Para soldagem, a ponta cobreada é inicialmente lixada, até ficar na sua cor cobre (se necessário retirá-la e limpar sua base). O ferro é então ligado e, após esquentar, encosta-se o filete de solda na ponta cobreada, derretendo-a e espalhando-a. Este processo é chamado "estanhar o ferro de solda". A seguir, a ponta é colocada entre as superfícies a serem soldadas, esquentando-as. Quando isto ocorrer, o filete de solda é encostado entre a ponta e as superfícies e, só depois de derreter, retira-se o ferro de solda. Enquanto o usuário executar várias soldagens, o ferro de solda é periodicamente estanhando, sem precisar ser desligado.

Se a resistência interna do ferro de solda ficar em contacto com o corpo metálico, o usuário pode levar choque ao encostar o filete de solda na ponta cobreada (polo "vivo" da tomada em contacto com o corpo metálico e a ponta, transmitindo-o para o usuário por meio do filete). Neste caso, basta trocar a posição do plug na tomada (deixando o polo neutro da tomada em contacto com o corpo metálico).

3. Sugador de solda

A maneira mais rudimentar de dessoldar é esquentar com o ferro de solda o ponto onde está fixado o componente a ser retirado, até que a solda ali se derreta, e então puxar seu terminal. A primeira desvantagem deste método é que a solda "fria" permanece no circuito. A segunda ocorre quando é necessário retirar simultaneamente mais de um terminal, como no caso de CIs (circuitos integrados).

O **sugador de solda** é um dispositivo que suga a solda derretida, eliminando-a do circuito e permitindo a retirada do componente. Ele tem um êmbolo que é empurrado para dentro do tubo de sucção, onde se encaixa contra a pressão de uma mola. Ao apertar o botão de disparo, o êmbolo é puxado pela mola para fora do tubo, criando nele um vácuo, o qual atrai o material próximo ao bico oco.

A mão esquerda envolve o tubo, ficando o botão de disparo virado para o usuário. Com o polegar, empurra-se o êmbolo para dentro do tubo e, quando ele estiver fixado, este dedo fica sobre o botão. A ponta do ferro de solda é colocada na solda, até começar a derretê-la. Neste momento, encosta-se o bico do sugador e aperta-se o botão. A operação é repetida até eliminar completamente a solda do local, quando então o componente pode ser retirado com a mão ou alguma ferramenta.

Logo após uma operação de sucção, o êmbolo deve ser empurrado para o tubo, forçando os resíduos de solda a saírem pelo bico. Se ainda permanecerem alguns, o êmbolo é desarmado, e bate-se com o bico na palma da mão várias vezes. É recomendável desmontar e limpar o sugador periodicamente.

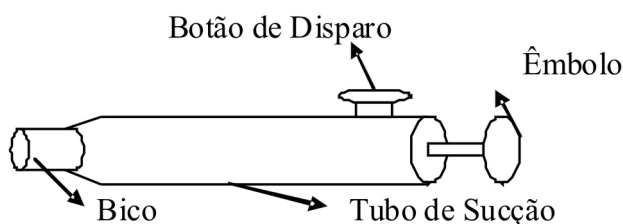



Figura 18 – Sulgador de solda

4. Torquímetro

O torquímetro é uma ferramenta especial destinada a medir o torque (ou aperto) dos parafusos conforme a especificação do fabricante do equipamento. Isso evita a formação de tensões e consequentemente deformação das peças quando em serviço. A unidade de medida do torquímetro é o Newton metro (Nm) e a leitura é direta na escala graduada, permitindo a conferência do

aperto, de acordo com o valor manter preestabelecido pelo fabricante. Existem vários tipos de torquímetros:

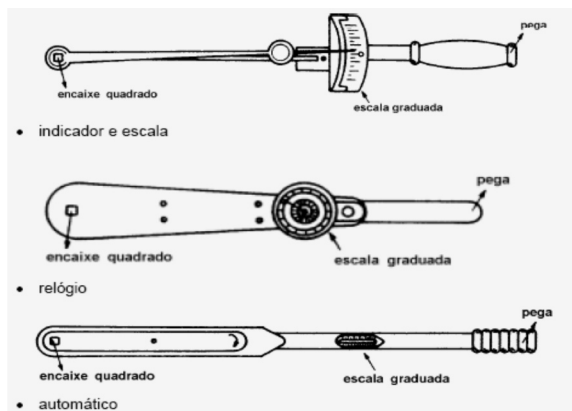



FIGURA 19 – TIPOS DE TORQUÍMETRO
FONTE: CATÁLOGO BELLER, 2008/9

Como usar o torquímetro

O torquímetro pode ser usado para rosca direita ou esquerda, mas somente para efetuar o torque final. Para encostar o parafuso ou porca, usa-se uma chave comum. Para obter maior precisão na medição, é conveniente lubrificar previamente a rosca antes de colocar e apertar Verificadores e Calibradores.

Os verificadores e calibradores são instrumentos geralmente fabricados de aço, temperado ou não. Apresentam formas e perfis variados. Utilizam-se para verificar e controlar raios, ângulos, folgas, roscas, diâmetros e espessuras.

Tipos

Os verificadores e calibradores classificam-se em vários tipos:

Verificador de raio

Serve para verificar raios internos e externos. Em cada lâmina é estampada a medida do raio. “Suas dimensões variam, geralmente, de 1mm a 15 mm ou de 1/32” a 1/2”.

Verificador de ângulos

Usa-se para verificar superfícies em ângulos. Em cada lâmina vem gravado o ângulo, que varia de 1º a 45º.

Verificador de rosca

Usa-se para verificar roscas em todos os sistemas. Em suas lâminas está gravado o número de fios por polegada ou o passo da rosca em milímetros.

Figura 20 – Verificador de rosca
Fonte: Catálogo Gedore, 2008/9

Calibrador de folgas (Apalpador)

Usa-se na verificação de folgas, sendo fabricado em vários tipos. Em cada lâmina vem gravada sua medida, que varia de 0,04 a 5 mm, ou de 0,0015 "a 0,2000".

Figura 21 – Calibrador de folgas
Fonte: Catálogo Gedore, 2008/9

Calibrador "passa-não-passa" para eixos ou calibradores de boca

É fabricado com bocas fixas e móveis. O diâmetro do eixo estará bom, quando passar pela parte maior e não passar pela menor.

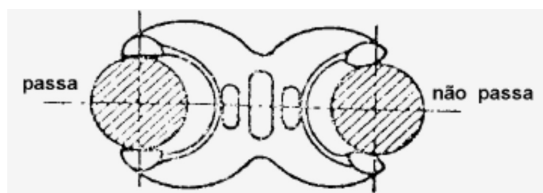



Figura 22 – Calibrador "passa não-passa"
Fonte: Catálogo Gedore, 2008/9

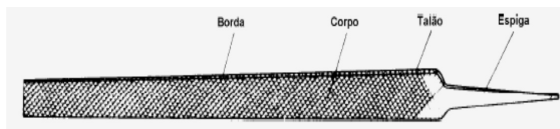
Calibrador-tampão "passa-não-passa"

Suas extremidades são cilíndricas. O furo da peça a verificar estará bom, quando passar pela parte menor e não pela maior.

Figura 23 – Calibrador-Tampão "passa não-passa"
Fonte: Catálogo Gedore, 2008/9

5. Lima

Descrição

É uma ferramenta manual de aço carbono, denticulado e temperada.

Utilização

É utilizada na operação de desgaste de materiais.

Classificação

Classificam-se pela forma, picado e tamanho. As formas mais comuns são:

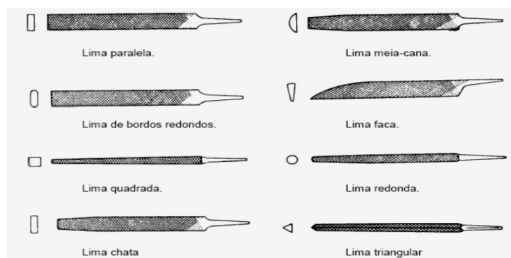



Figura 25 – Tipos de limas
Fonte: Catálogo Nicholson, 2008/9

As limas podem ser de picado simples ou cruzado.

Classificam-se ainda em bastardas, bastardinhas e murças.

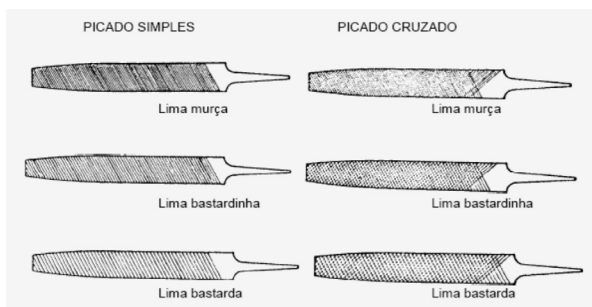



Figura 26 – Tipos de lima
Fonte: Catálogo Nicholson, 2008/9

Os tamanhos mais usuais de limas são: 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm e 300 mm de comprimento (corpo).

Comentários

As limas, para serem usadas com segurança e bom rendimento, devem estar bem encabadas, limpas e com o picado em bom estado de corte.

Para a limpeza das limas, usa-se uma escova de fios de aço e, em certos casos, uma vareta de metal macio (cobre, latão) de ponta achatada. Para a boa conservação das limas, deve-se:

1. evitar choques;
2. protegê-las contra a umidade a fim de evitar oxidação;
3. evitar o contato entre si para que seu picado não se estrague.

TIPOS		*APLICAÇÕES*
PLANA	Chata	Superfícies planas
	Paralela	Superfícies planas internas, em ângulo reto e obtuso
QUADRADA		Superfícies planas em ângulo reto, rasgos internos e externos
REDONDA		Superfícies côncavas
MEIA-CANA		Superfícies côncavas
TRIANGULAR		Superfícies em ângulo agudo maior que 60 graus
FACA		Superfícies em ângulo agudo menor que 60 graus
QUANTO À INCLINAÇÃO	Simples	Materiais metálicos não ferrosos (alumínio, chumbo)
	Duplo (cruzado)	Materiais metálicos ferrosos
QUANTO AO NÚMERO DE DENTES POR CENTÍMETRO	Bastarda	Desbastes grossos
	Bastardinha	Desbastes médios
	Murça	Acabamento

6. Furadeiras

São máquinas-ferramentas destinadas à execução de operações de furar, escarear, alargar, rebaixar e roscar com machos.

Funcionamento

O movimento da ferramenta é recebido do motor por meio de polias escalonadas e correias ou um jogo de engrenagens, possibilitando uma gama de velocidades de rotação (rpm). O avanço da ferramenta pode ser manual ou automático.

A furadeira de bancada é montada sobre bancadas de madeira ou aço. Sua capacidade de furação é de até 12 mm.

Figura 27 – Furadeira de bancada
Fonte: Catálogo Bosch, 2008/9

6.1 Furadeira de coluna

Esta furadeira tem como características o comprimento da coluna e a capacidade que é, em geral, superior à de bancada.

FIGURA 28 – FURADEIRA DE COLUNA
FONTE: CATÁLOGO BOSCH, 2008/9

6.2 Furadeira radial

A furadeira radial é destinada à furação em peças grandes em vários pontos, dada a possibilidade de deslocamento do cabeçote.

Possui avanços automáticos e refrigeração da ferramenta por meio de circulação de fluido refrigerante ou água promovida por bomba.

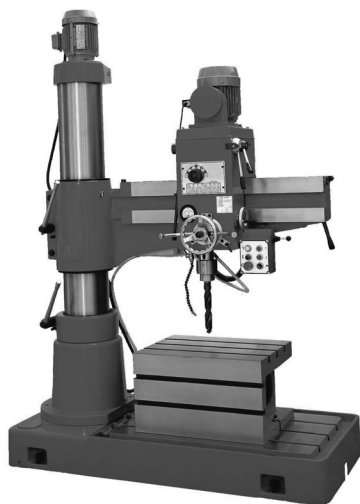



FIGURA 29 – FURADEIRA RADIAL
FONTE: CATÁLOGO BOSCH, 2008/9

6.3 Furadeira portátil

Pode ser transportada com facilidade e pode-se operá-la em qualquer posição.

FIGURA 30 – FURADEIRA PORTÁTIL
FONTE: CATÁLOGO BOSCH, 2008/9

Características:

1. potência do motor,
2. número de RPM,
3. capacidade,
4. deslocamento máximo de eixo principal.

Acessórios:

- mandril porta-broca,
- jogo de buchas de redução,
- morsa,
- cunha para retirar mandril, brocas e buchas de redução.

Condições de uso:

1. a máquina deve estar limpa,
2. o mandril, conservado em bom estado,
3. broca bem presa e centrada,

Observação: Lubrificação periódica com lubrificante próprio.

7. Brocas

Descrição

As Brocas são ferramentas de corte, de forma cilíndrica, com canais retos ou helicoidais que terminam em ponta cônica e são afiadas com determinado ângulo.

Comentários

As brocas se caracterizam pela medida do diâmetro, forma da haste e material de fabricação. São feitas, em geral, em aço carbono e também em aço rápido.

As brocas de aço rápido são utilizadas em trabalhos que exijam maiores velocidades de corte, oferecendo maior resistência ao desgaste e calor do que as de aço carbono.

Classificação

As brocas apresentam-se em diversos tipos, segundo a natureza e características do trabalho a ser desenvolvido. Os principais tipos de brocas são:

1. Broca Helicoidal:
   - De Haste Cilíndrica
   - De Haste Cônica
2. Broca de Centrar,
3. Broca com Orifícios para Fluido de Corte,
4. Broca Escalonada ou Múltipla.

A **Broca Helicoidal** é o tipo mais usado, e apresenta a vantagem de conservar o seu diâmetro, embora se faça reafiação dos gumes várias vezes.

As brocas helicoidais diferenciam-se apenas pela construção das hastes, pois as que apresentam **haste cilíndrica** são presas em um mandril, e as **hastes cônicas**, montadas diretamente no eixo da máquina.

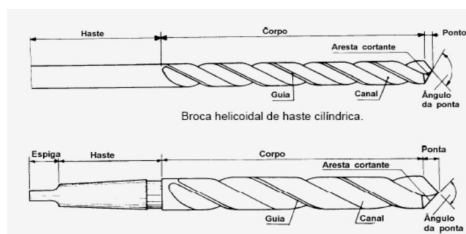



Figura 32 – Brocas helicoidal
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Os ângulos das brocas helicoidais são as condições que influenciam o seu corte.

Os ângulos da broca helicoidal são:

1. Ângulo de Cunha C
2. Ângulo de Folga ou de Incidência F
3. Ângulo de Saída ou de Ataque S

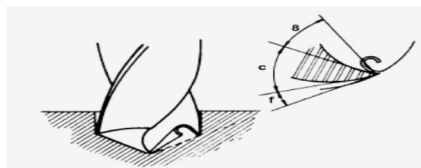



Figura 33 – Diâmetro e passe da broca
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

O ângulo da ponta da broca deve ser de:

a- 118º, para trabalhos mais comuns;

b- 150º, para aços duros;

c- 125º, para aços tratados ou forjados;

d- 100º, para o cobre e o alumínio;

e- 90º, para o ferro macio e ligas leves;

f - 60º, para baquelite, fibra e madeira.

As arestas cortantes devem ter, rigorosamente, comprimentos iguais, ou seja, A = A'.

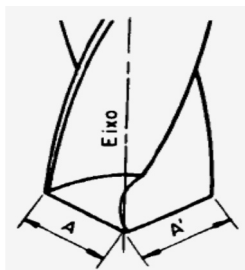



Figura 34 – Diâmetro e ângulos da braca
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

7.1 Broca com orifícios para fluido de corte

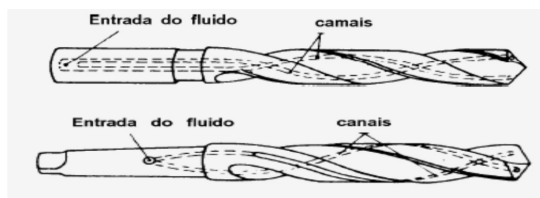



Figura 35 – Brocas para metais com orifício
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Usadas para cortes contínuos, altas velocidades em furos profundos, onde se exige lubrificação abundante.

Brocas múltiplas ou escalonadas são usadas para executar furos e rebaixos numa mesma operação.

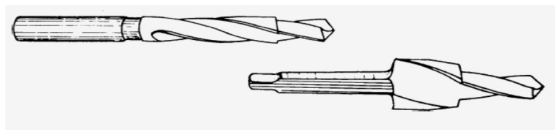



Figura 36 – Brocas para metais
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

7.2 Broca de centrar

A Broca de Centrar é uma broca especial fabricada de aço rápido.

Uso

Este tipo de broca serve para fazer furos de centro e, devido a sua forma, executam, numa só operação, o furo cilíndrico, o cone e o escareado.

Classificação

Os tipos mais comuns de broca de centrar são:

1. Broca de centrar simples;
2. Broca de centrar com chanfro de proteção.

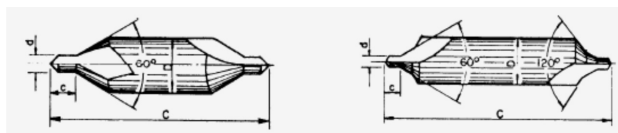



Figura 37 – Chanfros de proteção de brocas de centrar
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Comentário

A Broca de Centrar Simples é utilizada para executar o tipo mais comum de centro, que é o Simples, enquanto que a Broca de Centrar Chanfro de Proteção executa o Centro Protegido.

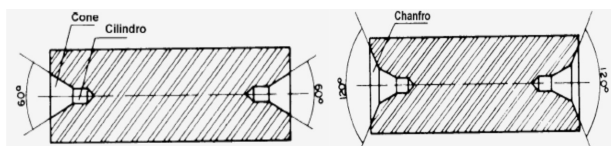



Figura 38 – Parte interna do chanfro de proteção de broca de centrar
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

As medidas dos centros devem ser adotadas em proporção com os diâmetros das peças baseadas na tabela abaixo.

Tabela 2 – Diagrama de brocas de centrar

DIÂMETROS DAS PEÇAS A CENTRAR d_1 (mm)	MEDIDAS DAS BROCAS (mm)				DIÂMETRO MÁXIMO DO ESCAREADO (E) (mm)
	d	D	c	C	
5 a 15	1,5	5	2	40	4
16 a 20	2	6	3	45	5
21 a 30	2,5	8	3,5	50	6,5
31 a 40	3	10	4	55	7,5
41 a 60	4	12	5	66	10
61 a 100	5	14	6,5	78	12,5

Fonte: Catálogo Still, 2008/9

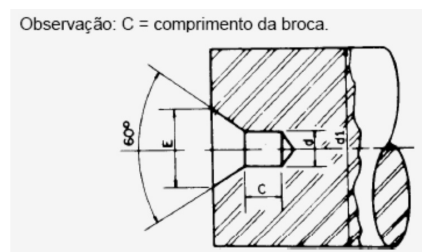



Figura 39 – Ângulo de proteção para broca
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Algumas medidas devem ser observadas para o perfeito funcionamento das brocas, tais como:

1. As brocas devem ser bem afiadas, com a haste em boas condições e bem fixadas.

2. As arestas de corte devem ter o mesmo comprimento.

3. O ângulo de folga ou incidência deve ter de 9º a 15º.

4. Para evitar quedas, choques, limpá-las e guardá-las em lugar apropriado, após seu uso.

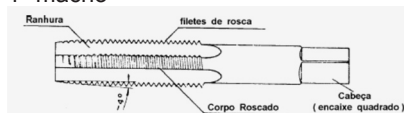
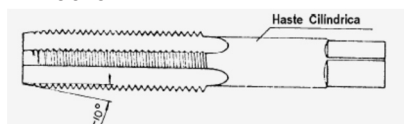
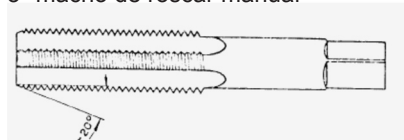
8. Machos de roscar

São ferramentas de corte, constituídas de aço-carbono ou aço rápido, destinadas à remoção ou deformação do material. Um de seus extremos termina em uma cabeça quadrada, que é o prolongamento de haste cilíndrica.

Dentre os materiais de construção citados, o aço rápido é o que apresenta melhor tenacidade e resistência ao desgaste, características básicas de uma ferramenta de corte.

8.1 Machos de roscar - Manual

São apresentados em jogos de 2 ou 3 peças, sendo variáveis a entrada da rosca e o diâmetro efetivo. A norma ANSI (American National Standard Institute) apresenta o macho em jogo de 3 peças, com variação apenas na entrada, conhecido como perfil completo.

A norma DIN (Deutsche Industrie Normen) apresenta o macho em jogo de 2 ou 3 peças, com variação do chanfro e do diâmetro efetivo da rosca, conhecido como seriado.

Fonte: Catálogo Ridgid, 2008/9

Observação: Diâmetro efetivo - Nas roscas cilíndricas, o diâmetro do cilindro é imaginário, sua superfície intercepta os perfis dos filetes em uma posição tal que a largura do vão nesse ponto é igual à metade do passo. Nas roscas, cujos filetes têm perfis perfeitos, a interseção se dá em um ponto onde a espessura do filete é igual à largura do vão.

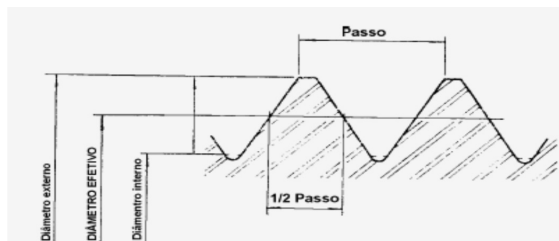



Figura 42 – Diagrama de utilização do macho de roscar
Fonte: Catálogo Ridgid, 2008/9

8.2 Machos de roscar a máquina

Os machos, para roscar a máquina, são apresentados em 1 peça, sendo o seu formato normalizado para utilização, isto é, apresenta seu comprimento total maior que o macho manual (DIN).

Características

São 6 (seis) as características dos machos de roscar:

- Sistema de rosca.
- Sua aplicação.
- Passo ou número de filetes por polegada.
- Diâmetro externo ou nominal.
- Diâmetro da espiga ou haste cilíndrica.
- Sentido da rosca.

As características dos machos de roscar são definidas como:

Sistema de rosca

As roscas dos machos são de três tipos: Métrico, *Whitworth* e Americano (USS).

Sua aplicação

Os machos de roscas são fabricados para roscar peças internamente. Passo ou número de filetes por polegada. Esta característica indica se a rosca é normal ou fina.

Diâmetro externo ou nominal

Refere-se ao diâmetro externo da parte roscada.

Diâmetro da espiga ou haste cilíndrica

É uma característica que indica se o macho de roscar serve ou não para fazer rosca em furos mais profundos que o corpo roscado, pois existem machos de roscas que apresentam diâmetro da haste cilíndrica igual ao da rosca ou inferior ao diâmetro do corpo roscado.

Figura 43 – Macho de roscar
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Sentido da rosca

Refere-se ao sentido da rosca, isto é, se é direita (*right*) ou esquerda (*left*).

Tipos de macho de roscar

Ranhuras retas, para uso geral.

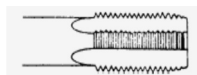



Figura 44 – Macho de roscar com ranhuras retas
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Ranhuras helicoidais à direita, para roscar furos cegos (sem saída).

Figura 45 – Macho de roscar ranhuras helicoidais
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Fios alternados. Menor atrito. Facilita a penetração do refrigerante e lubrificante.

Entrada helicoidal, para furos passantes. Empurra as aparas para frente, durante o roscamento.

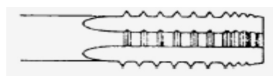



Figura 46 – Macho de roscar com fios alternados
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

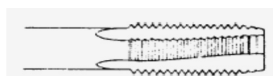



Figura 47 – Macho de roscar em entrada helicoidal
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

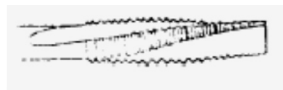
Ranhuras curtas helicoidais, para roscamento de chapas e furos passantes.

Figura 48 – Macho de roscar ranhuras curtas helicoidais
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Estes machos para roscar são também conhecidos como machos de conformação, pois não removem aparas e são utilizados em materiais que se deformam plasticamente.

Figura 49 – Macho de roscar ou de conformação
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Ranhuras ligeiramente helicoidais à esquerda, para roscar furos passantes na fabricação de porcas.

Figura 50 – Macho de roscar ranhuras ligeiramente helicoidais
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Seleção dos machos de roscar, brocas e lubrificantes ou refrigerantes

Para roscar com machos é importante selecionar os machos e a broca com a qual se deve fazer a furação. Deve-se também selecionar o tipo de lubrificante ou refrigerante que se usará durante a abertura da rosca.

De um modo geral, escolhemos os machos de roscar de acordo com as especificações do desenho da peça que estamos trabalhando ou de acordo com as instruções recebidas.

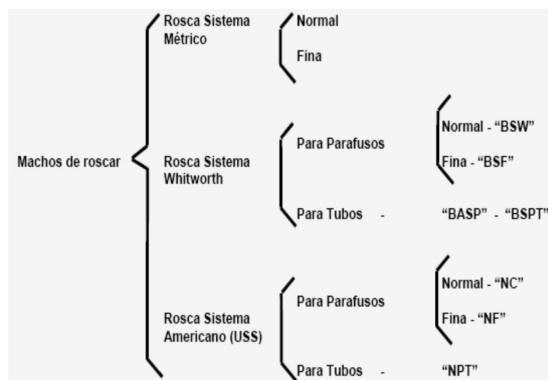
Podemos, também, escolher os machos de roscar, tomando como referência o parafuso que vamos utilizar. Os diâmetros nominais (diâmetro externo) dos machos de roscar mais usados, assim como os diâmetros das brocas que devem ser usadas na furação, podem ser encontrados em tabelas.

Condições de uso dos machos de roscar

Para serem usados, eles devem estar bem afiados e com todos os filetes em bom estado.

Conservação

Para se conservar os machos de roscar em bom estado, é preciso limpá-los após o uso, evitar quedas ou choques, e guardá-los separados em seu estojo.

Figura 51 – Classificação dos machos de roscar segundo o tipo de rosca
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

9. Punção de bico

Descrição

É uma ferramenta de aço carbono, com ponta cônica temperada e corpo geralmente octogonal ou cilíndrico recartilhado.

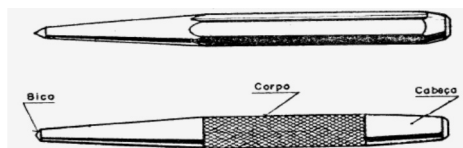



FIGURA 52 – FUNÇÕES DE BICO
FONTE: CATÁLOGO BELZER, 2008/9

Classificação

Classifica-se pelo ângulo de ponta. Assim, existem os seguintes tipos:

1 - de 30º;
2 - de 60º;
3 - de 90º;
4 - de 120º.

Utilização

Serve para marcar pontos de referência no traçado e centros para função de peças.

Tabela 3 – Classificações das punções

SE você pretende	Utilize ENTÃO
marcar os centros onde se apoiam os compassos de traçar	o PUNÇÃO DE BICO de 30º
pontear traços de referência	o PUNÇÃO DE BICO de 60º
marcar os centros que servem de guia para as brocas na operação de furar	o PUNÇÃO DE BICO de 90º ou 120º

O comprimento do PUNÇÃO DE BICO varia de 100 mm a 125 mm.

10. Martelo, marreta e macete

10.1 Martelo

O Martelo é uma ferramenta de impacto, constituída de um bloco de aço carbono preso a um cabo de madeira, sendo as partes com que se dá os golpes, temperadas.

Utilização

O Martelo é utilizado na maioria das atividades industriais, tais como na mecânica geral, na construção civil e outras.

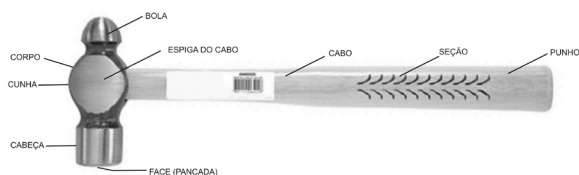



FIGURA 53 – TIPOS DE MARTELOS
FONTE: CATÁLOGO BELLER, 2008/9

Comentários

Para o seu uso o Martelo, deve ter o cabo em perfeitas condições e bem preso através da cunha. Por outro lado, deve-se evitar golpear com o cabo do martelo ou usá-lo como alavanca. O peso do Martelo varia de 200 gramas a 1000 gramas.

Características

• É utilizado em trabalhos, com chapas finas de metal, como também na fixação de pregos, grampos, etc.

• Destina-se a serviços gerais, como exemplo: rebitar, extrair pinos, etc. Muito utilizado em serviços pesados como chapas de metal, etc.

FIGURA 54 – MARTELO DE BOLA
FONTE: CATÁLOGO BELLER, 2008/9

• Sua estrutura permite a realização de trabalhos em chapas de metal, etc.; sem contudo danificar ou marcar o material trabalhado.

Figura 55 –Martelo de borracha
Fonte: Catálogo Beller, 2008/9

10.2 Marreta

A Marreta é outro tipo de martelo muito usado nos trabalhos de instalação elétrica e de encanamento. É um martelo maior, mais pesado e mais simples, destinado a percutir sobre uma talhadeira ou um ponteiro.

Figura 56 – Marreta
Fonte: Catálogo Mayee, 2008/9

10.3 Macete

O Macete é uma ferramenta de impacto, constituída de uma cabeça de madeira, alumínio, plástico, cobre, chumbo ou outro material, e um cabo de madeira.

Figura 57 – Macetes
Fonte: Catálogo Belzer, 2008/9

Utilização

Utilizado para bater em peças ou material cuja superfície seja lisa e que não possam sofrer deformação por efeito de pancadas. Para sua utilização, deve ter a cabeça bem presa ao cabo e livre de rebarbas.

Comentários

O peso e o material que constitui a cabeça caracterizam os macetes.

11. Serra Tico-Tico

É aplicada nos serviços de corte em chapas de aço, metais não ferrosos, madeira (maciça ou compensada), fórmica, matéria plástica, acrílicos.

Figura 58 – Serra tico-tico
Fonte: Catálogo Bosch, 2008/9

12. Esmerilhadeira

Utiliza-se em serviços de corte, desbaste e rebarbação em metais e soldas em caldeirarias, serralherias, fundições, departamentos de manutenção industrial, funilarias, metalúrgicas, etc. É empregada, também, no desbaste ou acabamento em concreto aparente.

Figura 59 – Esmerilhadeira
Fonte: Catálogo Bosch, 2008/9

13. Lixadeira

É aplicada em trabalhos de lixamento em madeira, metais, vidros, remoção de tinta ou ferrugem/oxidação (com escova de aço).

Figura 60 – Lixadeira
Fonte: Catálogo Bosch, 2008/9

14. Roldana

A figura abaixo mostra uma roldana simples e como funciona.

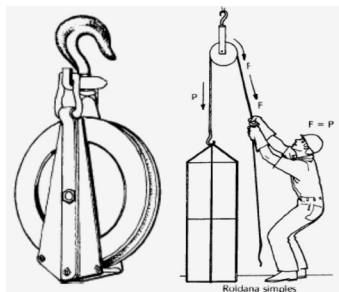



Figura 61 – Roldana
Fonte: Catálogo Galdin e Tiossi roldanas, 2008/9

14.1 Cadernal

A figura seguinte ilustra um cadernal e como funciona.

Observação:

A seguir, o desenho apresenta um cadernal de seis roldanas. A força feita pelo operador é seis vezes menor que o peso a levantar.

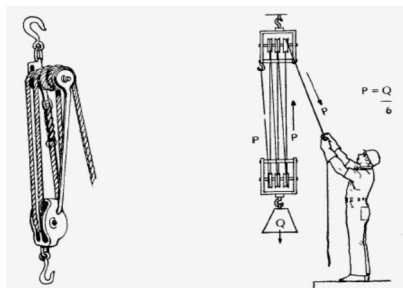



Figura 62 – Cadernal
Fonte: Catálogo Galdino e Tiossi, 2008/9

15. Talha

Manual ou acionada por motor elétrico, a talha é o equipamento de força normalmente usado em oficinas e fábricas para movimentar peças ou pequenas máquinas e motores.

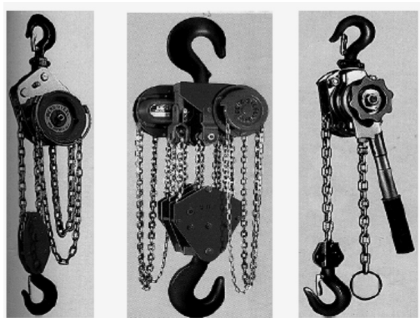



Figura 63 – Talha
Fonte: Catálogo Berg-steel, 2008/9

Nota: A figura abaixo mostra uma talha motorizada equipada com "troley" para correr sobre trilho suspenso, permitindo a manobra das cargas em diversos lugares.

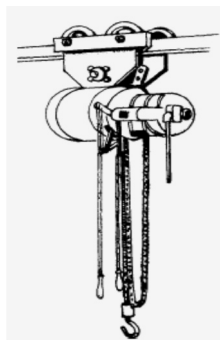



Figura 64 – Talha motorizada
Fonte: Catálogo Berg-steel, 2008/9

16. Tirfor

É um macaco mecânico que aciona um cabo de aço, o qual vai sendo puxado aos poucos, porém com força de até 750 kg, 1500 kg ou mais. Trata-se de ferramenta muito útil e versátil para o instalador que precisa movimentar cargas pesadas.

17. Escadas

Muitas vezes, o eletricista tem necessidade de trabalhar no alto, em um poste, no teto, numa marquise ou num telhado. A escada é um equipamento auxiliar do eletricista e o ajudará muito se for adequada ao serviço.

17.1 Escada de abrir

É indicada para serviços de enfiação dos condutores em caixas no teto ou em partes altas de paredes.

17.2 Escada de extensão

É apropriada para trabalhos em postes e, muitas vezes, já vem equipada com ganchos e cintas para apoio em condutores ou no próprio poste.

Nota: A figura abaixo mostra uma escada de extensão do tipo muito usado na instalação de linhas de distribuição de energia.

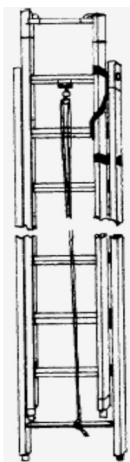



Figura 65 – Escada de extensão
Fonte: Catálogo só escada, 2008/9

18. Fitas e fios para enfiação

Há fitas e fios fabricados e especificados para os trabalhos de enfiação dos condutores na rede de eletrodutos. Servem de guia para puxar os condutores, enfiando-os nos eletrodutos entre duas caixas.

São conhecidos como "*fish tapes*" ou "*fish wires*" e fabricados em aço temperado muito resistente e flexível, adequados ao serviço de enfiação.

Costuma-se usar para o mesmo fim um fio ou arame galvanizado nº 16 ou mesmo mais grosso. Tais fitas e fios são fornecidos nas espessuras de .03" e .06" (0,76 mm e 0,52 mm) e largura de 1/8", 3/16", 1/4" (3,2, 4,76 e 6,35 mm).

Nota: A figura abaixo mostra uma caixa com fita de enfiação do tipo "*fish tape*" de aço flexível e temperado. É muito útil no caso de serviço de enfiação de grande porte, porque torna o trabalho mais fácil e rápido

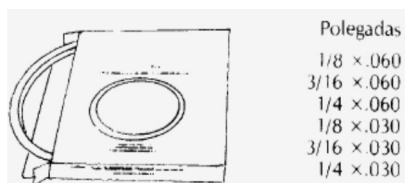



Figura 66 – Fios
Fonte: Catálogo Furukwa, 2008/9

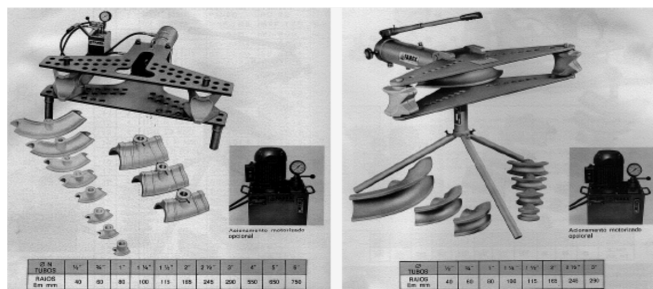
19. Ferramentas de curvar eletrodutos metálicos rígidos

Eletrodutos de pequeno diâmetro (1/2”, 3/4” e 1”) podem ser curvados na obra sem grande dificuldade, principalmente se for usada ferramenta adequada.

Existem máquinas especiais que executam o curvamento de eletrodutos, mesmo de diâmetros maiores que 1”, com esforço produzido por prensa hidráulica, podendo o eletroduto ser aquecido, a fim de que a curva seja feita sem deformação da seção do tubo. Essas máquinas somente são empregadas em instalações muito pesadas e de grande porte.

Ø N TUBOS	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	5"	6"
RAIOS Em mm	40	60	80	100	115	165	245	290	550	650	750

Ø TUBOS	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"
RAIOS Em mm	40	60	80	100	115	165	245	290

Figura 67 – Ferramentas para curvar tubo
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

Nos casos mais comuns de instalações elétricas prediais, usam-se ferramentas muito simples. Até uma simples perna de 3”, fixada a uma bancada ou enterrada no chão, com um buraco para a introdução do eletroduto, pode resolver o problema. Uma ferramenta muito usada e adequada é feita com um “Tê” de tubo de ferro galvanizado tipo água, de diâmetro adequado (1 1/4”), com um pedaço de tubo, com cerca de 1 metro, atarraxado.

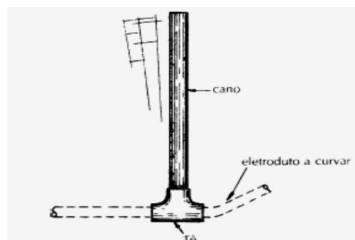



Figura 68 – Exemplo de curvadeira usando ferramenta de curvar
Fonte: Catálogo Still, 2008/9

20. Gaveteiro

Uma oficina Eletrônica deve manter um estoque de componentes eletrônicos para substituição e reposição (principalmente resistores, capacitores, transistores e CIs), com os principais valores e tipos. O número de peças a serem estocadas é muito grande e misturá-las provocaria demora no momento de localizar uma delas para uso. A solução é separá-las por valor e tipo, e guardar cada grupo em gaveta de um **gaveteiro** de mesa. Este é um armário com pequenas gavetas, preferivelmente transparentes, colocado sobre a mesa de trabalho.

21. Bancada

A mesa de trabalho da Oficina Eletrônica é chamada **bancada**. Como os serviços certamente envolverão eletricidade, é recomendável que ela seja feita inteiramente com material isolante – madeira é o ideal. Observe que ela deve ser mais baixa que as mesas domésticas, para facilitar a manipulação de objetos e instrumentos, e muito mais resistente, para suportar o peso de equipamentos.

Acima da bancada, na altura da cabeça de uma pessoa sentada, instala-se luz fluorescente, que é mais econômica e esquenta menos o ambiente. A fonte regulada variável é fixada na bancada, ao alcance da mão, da mesma forma que o gaveteiro.

Frequentemente ocorre precisar ligar simultaneamente vários aparelhos à rede (por exemplo, ferro de solda, osciloscópio e gerador de função). Para isso, colocam-se umas 5 tomadas na lateral dianteira da bancada (viradas para o peito do usuário). Toma-se o cuidado de colocá-las com a dupla de contactos verticalmente, ligando-se todos os pólos superiores ao polo vivo da rede, e os inferiores ao terra (para descobrir qual o polo vivo da rede: com o Multímetro em “Volts AC”, coloque sua ponta preta em um metal ligado ao chão, como torneira e encanamentos de ferro, e a ponta vermelha em um dos dois pontos da tomada; se marcar mais de 10 Volts, é o polo vivo, se marcar 0 (zero), é o neutro). Isso evita problemas de contrafase ao interconectar dois aparelhos entre si.

INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

1.Introdução

É muito importante ler atentamente o Manual que acompanha o aparelho antes de utilizá-lo.

É por meio do Manual do aparelho que se podem ter as informações corretas de como utilizá-lo com precisão e segurança, o que o aparelho pode ou não medir e em quais condições. Devem ser feitas aferições/calibrações no aparelho, seguindo as recomendações do fabricante.

Constantemente, na utilização desses aparelhos, deve-se ter o cuidado de não fechar um curto-circuito em circuitos energizados.

O aparelho deverá estar sempre bem acondicionado e tomar cuidados no transporte e na utilização.

Qualquer equipamento, ou mesmo a fiação deste aparelho, pode-se estragar de uma hora para outra. Com isso, é importante conferir se o aparelho de medição ou teste está funcionando ou não.

É recomendável que ao testar a existência de uma grandeza elétrica em um circuito desenergizado, deve-se conferir em seguida, se o aparelho de medir/testar está funcionando ou não, em um circuito que esteja energizado. Nesta condição, pode-se certificar que o aparelho está funcionando ou não.

Em caso de dúvidas, deve-se repetir os testes, pois é importante que se tenha segurança nas medições e testes das grandezas elétricas efetuadas.

2. Aparelhos de teste

Os aparelhos de testes não medem os valores das grandezas elétricas, testam simplesmente a existência ou não, das mesmas. Podem, por exemplo, auxiliar na identificação do fio Fase energizado de um circuito elétrico.

Figura 69 – Aparelho de teste de tensão digital

Importante - Sempre que possível, deve-se utilizar outros tipos de aparelhos de teste. Com isso, pode-se ter mais segurança de não ser acidentado, além de ter informações técnicas mais precisas.

Trata-se de uma lâmpada que tem a característica de acender quando um dos seus terminais é posto em contato com um elemento energizado e outro é posto em contato com a terra. Normalmente, é apresentada sob a forma de uma caneta ou chave de parafusos. Um dos terminais é a ponta da caneta (ou da chave) e o outro faz a "terra" por meio do próprio corpo da pessoa.

Devido à grande resistência interna da lâmpada, a corrente circulante não é suficiente para produzir a sensação de choque nas pessoas. Entretanto seu uso é restrito a circuito de baixa tensão, como nas instalações elétricas residenciais.

A vantagem deste instrumento é o fato de indicar, de maneira simples, a presença de tensão no local pesquisado: a lâmpada acende quando a ponta do aparelho encosta no fio Fase energizado. Quando encosta-se ao fio Neutro, não acende.

Existem alguns tipos de aparelhos com lâmpada de neon, com os mesmos princípios de funcionamento, que possibilitam identificar também, além do fio Fase e o fio Neutro, o valor aproximado da tensão, se é 127 V, 220 V ou 380 Volts.

Importante: Não se deve usar uma lâmpada de néon individualmente (sem o invólucro), pois ela poderá estourar, causando algum acidente.

Figura 70 – Chave de teste

2.1 Teste com uma lâmpada

A identificação dos fios: Fase (energizado) e o Neutro, de uma instalação elétrica interna, pode ser feita com uma lâmpada incandescente de 220 Volts,

colocada em um receptáculo com 2 fios terminais. Um dos seus terminais é posto em contato com um dos fios que se deseja testar e o outro terminal é posto em contato com um condutor devidamente aterrado (uma haste de terra cravada no chão). Se a lâmpada acender, significa que o fio que se deseja identificar é o fio Fase. Caso contrário, se a lâmpada permanecer apagada, significa que o fio utilizado é o Neutro.

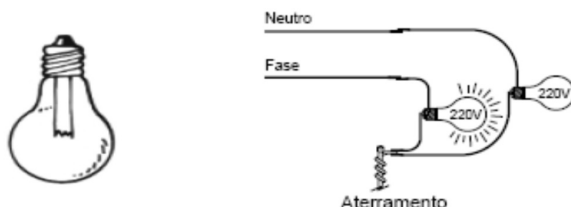



Figura 71 – Teste com lâmpada

Atenção: a lâmpada incandescente a ser utilizada tem que ser fabricada para a tensão de 220 Volts, pois pode ser que os dois fios que se deseja identificar sejam Fase-Fase (220 Volts), ou que o transformador que alimenta a instalação elétrica seja de 220 Volts entre Fase e Neutro. Daí, se a lâmpada for de 127 Volts, ela poderá estourar no teste, provocando um acidente com a pessoa. É recomendável que a lâmpada esteja protegida com um anteparo e poderá ser de uma potência baixa, por exemplo: 15 ou 25 Watts.

2.1.1 Lâmpada em "série"

A Lâmpada em "Série" possibilita verificar a continuidade de um circuito ou equipamento elétrico.

A lâmpada utilizada deve ser de baixa potência (15 Watts) a fim de limitar os valores da corrente, evitando danos ao equipamento sob teste.

A lâmpada é colocada em série, com o equipamento a ser testado. Ao ligar o aparelho, se a lâmpada acender, significa que o aparelho está com "continuidade" (poderá não estar "queimado") no circuito elétrico.

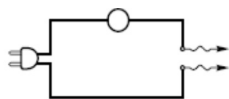



Figura 72 – Circuito de lâmpada em série

3. Aparelhos de medição

Os aparelhos de medição são instrumentos que, por meio de escalas, gráficos ou dígitos, fornecem os valores numéricos das grandezas que estão sendo medidas.

Como foi ressaltado anteriormente, é sempre preferível a utilização desses aparelhos, ao invés dos aparelhos de teste.

Os aparelhos de medição, segundo a maneira de indicar os valores medidos, podem ser:

a) **Indicadores**: - são aparelhos que, por meio do movimento de um ponteiro em uma escala ou de uma tela digital, fornecem os valores instantâneos das grandezas medidas.

b) **Registradores**: - têm o princípio de funcionamento semelhante ao dos instrumentos indicadores, porém adapta-se à extremidade do ponteiro, uma pena, onde se coloca tinta. Sob a pena corre uma tira de papel com graduação na escala conveniente. A velocidade do papel é constante, por meio de um mecanismo de relojoaria.

Deste modo, tem-se os valores da grandeza medida a cada instante e durante o tempo desejado.

Alguns instrumentos deste tipo utilizam um disco ao invés de tira (rolo) de papel, nesse caso, o tempo da medição é limitado a uma volta do disco.

c) **Integradores**: - são aparelhos que somam os valores instantâneos e fornecem a cada instante os resultados acumulados. O aparelho integrador pode ser de ponteiros ou de ciclômetro ou dígitos. Um exemplo são os medidores de energia elétrica das residências.

4. Amperímetro e voltímetro

O **Amperímetro** é utilizado para medir a corrente elétrica de um circuito e deve ser ligado em série com a carga.

O **Voltímetro** é utilizado para medir a tensão elétrica de um circuito e deve ser ligado em paralelo com a carga.

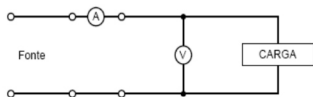



FIGURA 73 – CIRCUITO DE MEDIDA DE CORRENTE

5. Wattímetro

A medição de potência elétrica (W) é feita por um aparelho, o **Wattímetro**, que associa as funções do Voltímetro e do Amperímetro. No Wattímetro, é indicado o terminal comum que deve ser ligado ao lado da carga.

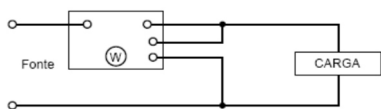



FIGURA 74 – CIRCUITO DE MEDIDA DE CORRENTE

6. Ohmímetro

O **Ohmímetro** é utilizado para medir a resistência elétrica (Ω).

O Ohmímetro é também usado para se verificar a continuidade de um circuito elétrico.

Observação: o circuito elétrico deverá estar desernergizado.

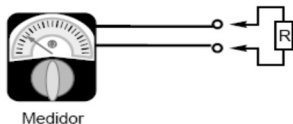



Figura 75 – Ohmímetro
Fonte: Catálogo ICEL, 2008/9

7. Multímetro analógico

Instruções de operação

Antes de efetuar qualquer medida, leia com atenção o manual que acompanha o aparelho, tendo uma maior atenção no item *INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA* e esteja ciente sobre todas as advertências. Sempre examine o instrumento a respeito de danos, contaminações, como poeira excessiva, graxa, e defeitos. Verifique as pontas de prova contra rachaduras ou defeitos na isolação. Caso alguma condição anormal seja detectada, não efetue nenhum tipo de medida.

Figura 76 – Multiteste analógico
Fonte: Catálogo Minipa, 2008/9

• Ajuste de Zero Mecânico do Multímetro: coloque o Multímetro na posição horizontal e selecione a chave rotativa para 0,1V. Encoste uma ponta de prova na outra. O ponteiro deverá indicar exatamente Zero, no lado

esquerdo da escala. Se a leitura do Zero não estiver de acordo, gire o parafuso de ajuste de zero lentamente até que indique Zero na escala DCV.A. (Ajuste Mecânico).

• Chave Seletora: Selecione as funções e faixas, esta chave está localizada no centro do frontal do instrumento.

• Leitura Correta das Escalas: Não coloque o multímetro em uma superfície metálica. Durante a medição, se você perceber a formação da imagem do ponteiro na escala espelhada, há erro de leitura por paralaxe. Para evitá-lo, basta observar o ponteiro sempre de frente, para que o ponteiro fique sobreposto à imagem. Não se esqueça de utilizar os fatores de multiplicação ou divisão adequados para cada faixa de medida utilizada. Por exemplo, caso a faixa de medida de 2,5V DC seja utilizada, efetue a leitura na escala de 0~250 (DCV.A-PRETA) e divida o valor por 100 (fator de divisão).

• Terminal OUTPUT: este terminal possibilita ao usuário medir um sinal que possua nível de tensão AC e DC ao mesmo tempo.

Neste terminal, existe um capacitor que irá bloquear o nível de tensão DC deixando passar o nível AC desta tensão.

8. Medição de tensões

8.1 Medição de tensão DC/AC

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para o tipo faixa de tensão desejada (DC ou AC). Caso a magnitude do sinal não seja conhecida, selecione a maior faixa e então reduza até obter uma leitura satisfatória. Lembre-se de que a leitura será mais precisa caso seja feita na metade superior da escala.

III. Caso seja possível, para efeito de segurança, desligue a alimentação e descarregue todos os capacitores do circuito sob teste antes de conectar as pontas de prova aos pontos a serem medidos.

IV. Encoste as pontas de prova aos pontos a serem medidos. Para se obter o valor da tensão medida, deve-se fazer a leitura da escala DCV.A (PRETA) para tensão DC, e no caso de tensão AC, a leitura deve ser feita na escala ACV (VERMELHA).

8.2 Medição de tensão DC + AC (Terminal OUTPUT)

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal OUTPUT e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para a faixa de tensão desejada ACV. Caso a magnitude do sinal não seja conhecida, selecione a maior faixa e então reduza até obter uma leitura satisfatória. Lembre-se que a leitura será mais precisa caso seja feita na metade superior da escala.

III. Caso seja possível, para efeito de segurança, desligue a alimentação e descarregue todos os capacitores do circuito sob teste antes de conectar e desconectar as pontas de prova aos pontos a serem medidos.

IV. Encoste as pontas de prova aos pontos a serem medidos. Para se obter o valor da tensão medida, deve-se fazer a leitura da escala ACV (VERMELHA).

V. Para medir o nível DC deste sinal, o usuário deve prosseguir da mesma maneira que medida de tensão DC.

9. Medição de corrente DC

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta preta no terminal – COM.

Advertência:

Nunca aplique tensão aos terminais de entrada quando selecionar através da chave rotativa, a faixa de corrente.

II. Selecione a chave rotativa para a faixa de corrente desejada. Caso a magnitude do sinal não seja conhecida, selecione a maior faixa e então reduza até obter uma leitura satisfatória. Lembre-se de que a leitura será mais precisa caso seja feita na metade superior da escala.

III. Desligue a alimentação do circuito sob teste e descarregue todos os capacitores antes de abrir o circuito para conectar o multímetro em série. Não se esqueça de efetuar o mesmo procedimento antes de desconectar o multímetro do circuito.

IV. Após ter conectado o multímetro, alimente o circuito e faça a leitura da corrente, na escala DCV.A (PRETA).

10. Medição de resistência

OBS.: Antes de qualquer medida, verifique as condições das baterias.

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para a faixa de resistência desejada.

III. Encoste uma ponta de prova na outra e por meio do botão 0ΩADJ. (Ajuste de Zero) faça com que o ponteiro indique ZERO na escala Ω(PRETA). Efetue este procedimento sempre que selecionar uma faixa de medida de resistência.

IV. Desligue a alimentação e descarregue todos os capacitores do circuito sob teste antes de conectar as pontas de prova aos pontos a serem medidos.

V. Encoste as pontas de prova aos pontos a serem medidos ou testados. O valor será mostrado na escala Ω (PRETA).

11. Medição de decibel

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para uma das faixas de ACV. Lembre-se de que a leitura será mais precisa caso seja feita na metade superior da escala.

III. A leitura será realizada na escala dB (VERMELHA). Lembre-se de que a leitura é direta apenas quando a faixa 10V AC é utilizada.

OBS.: Para medida de um valor absoluto em dB, a impedância do circuito deve ser de 600Ω. Neste valor de impedância, 0dB é equivalente a 1mW dissipado sobre esta impedância (equivalente a 0,775 Volts sobre 600Ω).

Medida de Iceo de transistores

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para a faixa x10 (15mA) para transistores pequenos, ou para x1 (150mA) para transistores grandes.

III. Encoste uma ponta de prova na outra e por meio do botão 0ΩADJ. (Ajuste de Zero) faça com que o ponteiro indique ZERO na escala Ω (PRETA). Efetue este procedimento sempre que selecionar uma nova faixa de medida de Iceo.

IV. Conecte o transistor como a seguir:

- Para transistores NPN, o terminal N (-COM) do multímetro é conectado ao coletor do transistor e o terminal P (+) do multímetro é conectado ao emissor do transistor.
- Para transistor PNP, o terminal N (-COM) do multímetro é conectado ao emissor do transistor e o terminal P (+) do multímetro é conectado ao coletor do transistor.

V. A leitura será realizada na escala Iceo.

OBS.: Normalmente o ponteiro deve estar na parte vermelha da escala Iceo (indicada pela palavra LEAK) ou o ponteiro deve indicar zero, mostrando que o transistor está bom. Do contrário, faça a leitura na escala Iceo (AZUL (continuação da escala Iceo em vermelho)).

Medidas de hFE de transistor (necessidade da ponta de prova opcional)

Antes da medida, faça o ajuste de zero por meio do botão 0Ω ADJ. (Ajuste de Zero) utilizando a faixa x10 e as pontas de prova normais.

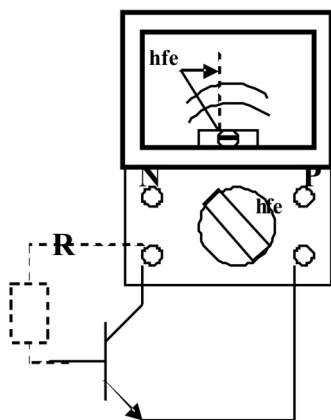



Figura 77 – Medidas de hFE de transistor

I. O fator de amplificação DC do transistor (h_{FE} ou ß) define a qualidade do componente. Com o transistor conectado como na figura acima, a presença do resistor R conectado entre o terminal N e a base do transistor provoca uma corrente Ib. Por sua vez, esta corrente induz uma corrente Ic, e o hFE é definido como a relação entre estas correntes, ou seja, hFE = Ic / Ib.

II. A ponta de prova para medidas de hFE é conectada ao transistor como mostrado na figura 10. Conecte a garra jacaré preta, que está em conjunto com a garra jacaré vermelha; na base do transistor, a vermelha no coletor e a outra ponta vermelha no emissor. A escala para a execução destas medidas é a x10 (hFE). Como podemos ver, existem dois circuitos, um para transistores NPN e outro para PNP.

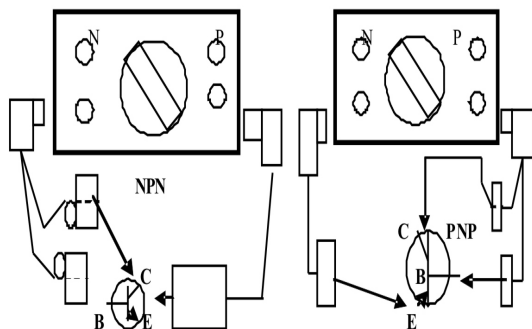



Figura 78 – Medida de avaliação do tipo de transitor NPN ou PNP

III. Para transistores em bom estado, existirá uma grande diferença entre as leituras para as conexões NPN e PNP, mostradas na figura 78. Com a conexão NPN, quando Ib = 0 e a base em aberto, somente uma pequena corrente de fuga é medida, e com a conexão PNP, devido à presença de corrente Ib, a corrente medida será muito maior. Para transistores com defeito, pode ocorrer a combinação de qualquer das seguintes possibilidades:

- Nenhuma leitura para conexão PNP;
- Nenhuma diferença nas leituras para as conexões NPN e PNP;
- Leitura no fundo de escala para a conexão NPN.

IV. Nas condições da figura a seguir da conexão PNP, a leitura deverá ser executada na escala azul indicada como hFE. O valor medido equivale a IC / IB, ou seja, o fator de amplificação DC do transistor.

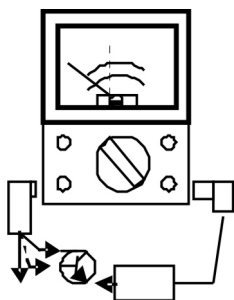



FIGURA 79 – MEDIDA DE HFE COM MULTITESTE ANALÓGICO

Teste de diodo

I. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – COM.

II. Selecione a chave rotativa para uma das posições: x1 (150mA), x10 (15mA), x1K (150mA).

III. Faça o ajuste de zero na faixa escolhida, como na Medida de Resistência.

IV. Caso o diodo seja medido em um circuito, desligue a alimentação e descarregue todos os capacitores antes de conectar as pontas de prova.

V. Encoste a ponta de prova preta no anodo do diodo e a ponta de prova vermelha no catodo para medir a corrente (If). Encoste a ponta de prova no catodo do diodo e a ponta de prova vermelha no anodo para medir corrente reversa (Ir).

VI. Para um diodo bom, iremos obter uma variação considerável do ponteiro para corrente direta (escala LI) e uma pequena variação para corrente reversa (escala LI).

VII.O valor indicado na escala LV durante a medida é a tensão direta do diodo para a dada corrente.

Manutenção

Advertência

Remova as pontas de prova do instrumento antes de efetuar a troca de bateria, fusível ou qualquer reparo.

12. Troca de bateria

O multímetro é alimentado por três baterias sendo: 01 bateria de 9V e 02 pilhas de 1,5V.

I. Selecione a chave rotativa para a posição de (x1) OHMS.

II. Conecte a ponta de prova vermelha no terminal + e a ponta de prova preta no terminal – Com. Encoste uma ponta de prova na outra.

III. Verifique se o ponteiro se encontra na posição ZERO da escala Ω (Resistência – PRETA), se não estiver, você deve girar o botão de Ajuste de Zero (0ΩADJ), até que o ponteiro se encontre na posição ZERO na escala. Caso não seja possível o ajuste, troque as pilas de 1,5V, pois elas devem estar descarregadas. Realize o mesmo processo utilizando a escala x100K. Se o ajuste não for possível, troque também a bateria de 9V.

IV. Para efetuar a troca, é necessário remover o parafuso da parte traseira e retirar a tampa traseira.

13. Troca de fusível

Caso a medida de corrente não seja possível, verifique se o fusível não se encontra queimado. Remova o parafuso da parte traseira e retire a tampa traseira. Troque o fusível somente por outro com as mesmas especificações (500mA/250V, ação rápida), para manter a mesma proteção ao multímetro.

14. Defeitos e consertos no multímetro analógico

A maioria dos defeitos no Multímetro decorre da passagem de uma corrente excessiva no seu circuito. Isto pode acontecer em três circunstâncias:

I. Conectar o Amperímetro diretamente a uma fonte de tensão (como a tomada da rede elétrica na parede), encostando as pontas de prova nos seus terminais. O amperímetro tem praticamente resistência zero, o que deixa passar quase toda corrente disponível, queimando os componentes.

II. Usar o Ohmímetro (principalmente na escala x1) em circuitos com fontes de tensão ligada. Nesta função, os componentes são projetados para trabalhar apenas com a fraca tensão das pilhas do instrumento (1,5 V ou 3 V), pois queimam-se facilmente quando submetidos à tensão maior.

III. Com o Voltímetro (AC ou DC) em escala muito baixa, medir uma tensão alta. Os resistores de pequeno valor para esta escala baixa deixarão passar uma corrente excessiva que, além de queimar componentes, forçará o ponteiro para fora do fundo de escala, podendo danificá-lo.

Foi visto nos três casos que corrente excessiva queima componentes. Isso poderá ser comprovado testando-os, mas na maioria das vezes a queima é observada visualmente nos resistores que então apresentam queimaduras na sua estrutura. Usualmente, são resistores de valor baixo que queimam, pois é por eles que passa a corrente de maior intensidade.

Outro defeito em Multímetro é o mau contato nos polos da chave de seleção de funções escala (chave rotativa). O que pode ser solucionado com uma simples limpeza nos contatos da chave seletora, usando uma borracha de lápis (não use borracha branca), retirando os resíduos com um pincel. **Nunca retirar os resíduos soprando.**

15. Medindo resistência

Ao usar o Ohmímetro para medir resistência, lembre-se de que o mesmo mede corretamente apenas materiais ôhmicos, dentre os quais se destacam os resistores. Medidas do Ohmímetro com semicondutores: transistores, CIs, diodos servem apenas para dar uma ideia da resistência nestes componentes.

Em medição de resistência, o componente deve ser isolado do circuito, evitando que a corrente gerada na pilha do Ohmímetro seja desviada para outros componentes em série ou em paralelo, causando assim uma leitura errada. Ideal seria retirar o componente do circuito e medi-lo. Na prática, é retirado apenas um dos terminais do componente, dessoldando o mesmo do circuito e efetuando a medida, conectando as pontas de prova aos dois terminais.

É sempre bom ter em mente que antes de usar o Ohmímetro, a fonte de alimentação do circuito deve estar desligada. Bem como em circuitos com alimentação baixa (como, por exemplo, pilhas) em que não se é preciso ter um valor com muita precisão, a medição pode ser efetuada com a fonte de alimentação ligada.

Para efetuar medidas em resistência com valores desconhecidos, colocamos a chave seletora na maior posição da escala de OHMS. Se a agulha do galvanômetro não se mexer, ficando parada na extremidade esquerda, consideramos o componente com resistência infinita. Se o ponteiro fizer um pequeno movimento, ficando ainda na extremidade esquerda, ou perto do zero da extremidade direita, procuramos uma escala de menor valor ôhmico para que a agulha fique o mais próximo possível do centro do mostrador.

Com resistência infinita, esta parte do circuito está aberta, sem alimentação não circulando corrente entre as extremidades do componente. Já com resistência zero, o componente está em curto-circuito (com se fosse um fio com resistência tendendo a zero), eletricamente sendo considerado um único ponto.

16. Medindo corrente elétrica

Como em eletrônica os valores de intensidade de corrente são pequenos, os Amperímetros são graduados em escalas de miliAmpères. Como foi visto anteriormente, é preciso muito cuidado na colocação das pontas de prova do Amperímetro em série com o circuito em teste, para não se colocar as pontas de prova em paralelo com o mesmo.

O Amperímetro não é usado para medir correntes alternadas. Para medir este tipo de corrente usamos um artifício: coloca-se um resistor de baixo valor ôhmico (entorno de 10Ω), um dos seus terminais é aterrado, e o outro recebe a corrente que se quer medir. Esta provoca uma queda de tensão no resistor, que é medida por um Voltímetro AC. Aplicando a Lei Ohm, deduzimos a intensidade da corrente:

$$I = \frac{\text{queda de tensão no resistor}}{\text{resistência}}$$

Por exemplo, se o resistor tem 10Ω e o voltímetro mede 2Vac, a intensidade de corrente será:

I = 2V / 10Ω = 0,2 Ampères AC, igual a 200mA AC.

Como o resistor interfere na intensidade da corrente elétrica, é desejável que ele seja de menor valor ôhmico possível, até o limite que haja risco de queimar o resistor por excesso de calor.

Aplicação - Teste de resistores

Um resistor nunca entra em curto (resistência zero). O que pode acontecer é ele vir a queimar-se caso seja submetido a uma potência elétrica maior que a sua especificação (geralmente de ¼ de Watt ou ½ Watt), isto é, se ele ficar aberto (resistência infinita).

O teste para a verificação do resistor é o seguinte: retira-se o resistor do circuito efetuando-se a medida do mesmo na maior escala possível de OHMs. Se o resultado for resistência infinita (a agulha do galvanômetro não se mexe, ficando na extremidade esquerda do aparelho) o resistor está aberto.

Aplicação - Teste do fusível

O fusível usado em aparelhos eletrônicos é um fio com resistência muito baixa (com valores entre 1Ω a 5Ω), dentro de uma cápsula de vidro com 2 extremidades metálicas. Quando uma corrente está acima do valor especificado para o fusível, o mesmo se rompe, cortando assim a alimentação para o resto do circuito.

Para este teste, o fusível pode permanecer no circuito (desde que a alimentação do mesmo esteja desligada), ou pode-se retirá-lo do circuito (alguns circuitos usam os fusíveis em suportes). A chave seletora do Ohmímetro deverá ser colocada na escala de x1 e as pontas de prova deverá ser encostada nas extremidades do fusível. Se por acaso a medida for zero Ω (0Ω), o fusível estará em perfeita ordem. Se a medida for de resistência infinita, o fusível estará queimado (aberto).

Outro jeito de ser feito este teste é com voltímetro. Se lecionando a chave rotativa para AC ou dc dependendo do circuito que estar sendo usado, comece na maior escala possível, baixando-a passo a passo para escalas menores, se necessário. O fusível estando em bom estado, há tensão em suas extremidades é o valor da alimentação em cima, e se ele estiver queimado (aberto) a alimentação em cima do mesmo será zero. Embora este procedimento seja um pouco mais complicado, é feito quando não se deseja desligar o aparelho em questão.

Aplicação - Teste de potenciômetros e trimpots

O potenciômetro (e o trimpot) é um resistor no qual ocorre variação da resistência entre o centro do componente e suas extremidades, de acordo com a posição giratória do seu eixo.

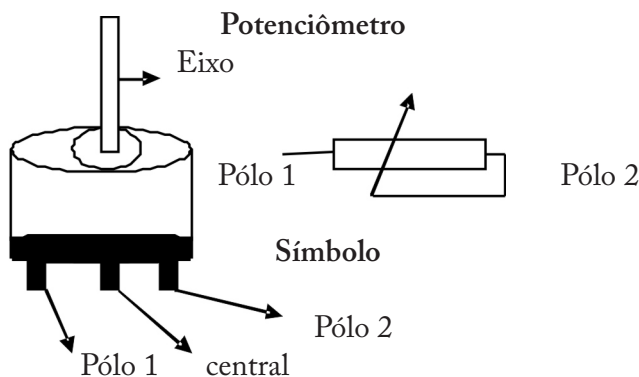



Figura 80 – Pontenciômetro

Girando o eixo para a esquerda, equivale diminuir sua resistência ôhmica em relação à extremidade da direita.

Para testar o potenciômetro (e trimpot) com o Ohmímetro, ele é retirado do circuito (o teste também pode ser feito com o componente no circuito, mas neste caso as leituras serão alteradas por resistências em série ou em paralelo com o mesmo). No Ohmímetro a chave rotativa é colocada na escala x10 ou x100, uma ponta de prova é encostada no terminal central do potenciômetro e a outra em uma das extremidades. Girando o eixo para a esquerda e para a direita, lentamente, deve fazer a agulha também girar, indicando zero Ω até ao valor máximo de resistência desse potenciômetro. A seguir, muda-se a ponta de prova de extremidade, repetindo-se a operação. Se a resistência não varia com o giro do eixo, o potenciômetro está com problema (aberto). É muito comum existir mau contato, girando o eixo, ora a agulha se movimenta ora não (medida intermitente).

Quando não se quer retirar o potenciômetro nem desligar a alimentação do aparelho em teste, usa-se o Voltímetro. A função ACV/DCV e a escala dependem do circuito em questão. Encosta-se uma ponta de prova em uma das extremidades; se resultar leitura negativa (agulha forçando à esquerda de zero volt), inverte-se as pontas de prova. Girando o eixo lentamente, à esquerda e à direita, devemos obter tensões que vão de zero volt até a tensão máxima aplicada às duas extremidades. A seguir, repita a operação. Se o instrumento só registra uma única tensão, independente do giro do eixo, o potenciômetro estará aberto. Nos casos de mau contato, o Voltímetro registrará tensões variáveis pelo eixo, intermitentemente com tensões máximas.

Observamos que em muitas aplicações, uma das extremidades é soldada junto com a central, e entre ambas existirão sempre resistência de zero Ω e tensão de zero volt, limitando-se o teste a outra extremidade.

Aplicação - Teste de bobina (Indutor)

A bobina nada mais é que fios enrolados, geralmente, em trono de um material ferromagnético para aumentar o efeito do campo eletromagnético. Como todo fio, a bobina terá uma pequena resistência de uns poucos Ohms até cerca de 100Ω.

O Multímetro é colocado na menor escala, x1, da função OHMs. Com o circuito desligado, encostam-se as pontas de prova nos pólos da bobina: o instrumento deverá registrar uma pequena resistência (entre 5Ω e 100Ω). Se resultar uma resistência infinita (ponteiro parado na extremidade esquerda do mostrador), a bobina estará aberta (o fio enrolado foi partido em algum ponto entre as duas extremidades). Um dos defeitos mais comuns em bobinas (curto-circuito) entre as duas partes do enrolamento não será detectado por este teste.

Aplicação - Teste de transformadores

O transformador consiste em dois conjuntos de enrolamentos, que induzem mutuamente campos eletromagnéticos. O primeiro enrolamento é chamado PRIMÁRIO, o segundo, SECUNDÁRIO (na figura a seguir, AB, e CD, respectivamente).

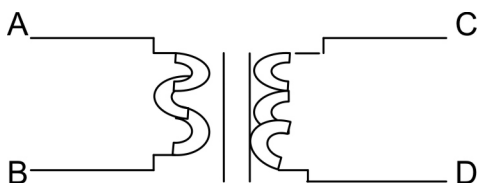



Figura 81 - Terminais do transformador

Mantendo uma tensão alternada no primário, resultará uma tensão alternada induzida no secundário, cujo valor dependerá da proporção de *espiras* (voltas de enrolamento) entre primário e secundário.

O teste de transformador consiste em identificar quais fios pertencem ao primário e quais são do secundário. Para tanto, coloca-se o Multímetro na escala x1 e o circuito é desligado. Uma ponta de prova é encostada em um terminal qualquer, e com a outra ponta de prova, procura-se o terminal que faça a agulha do galvanômetro oscilar, marcando quase zero Ω. Estes dois terminais formarão as extremidades de um enrolamento, primário ou secundário. A seguir, testam-se os terminais restantes, verificando se entre eles o Ohmímetro também oscilará, marcando uma resistência quase de zero Ω. Em caso positivo, temos o segundo enrolamento, que poderá ser primário ou secundário. O enrolamento que tiver maior resistência (portanto maior número de espiras) corresponderá ao indutor de maior tensão. Por exemplo, em transformadores de 110V/24V, o primário (110V) terá uns 100Ω, e o secundário terá cerca de 30Ω.

A maioria dos transformadores possui *tap* (terminal entre as extremidades de um indutor (como mostrado na figura 83, com os pontos E, F, G), o que dificulta a identificação. Cada terminal é testado na escala x1Ω, com todos os outros. Quando o instrumento marca continuidade (resistência nula), o terminal é considerado como pertencente ao mesmo enrolamento. Caso contrário (resistência infinita), pertencerá ao outro enrolamento. Assim, os terminais do primário são separados daqueles do secundário.

O segundo teste do transformador é feito com o circuito ligado e o Multímetro na função ACV, tensão alternada. Com as pontas de prova nas extremidades de cada indutor, verifica-se se o instrumento marca a tensão

especificada para o transformador naquele enrolamento. Por exemplo, considerando o transformador da figura 82, como especificado para 110V/24V, ao encostar as pontas de prova entre A e B, deverá ocorrer a leitura de 110Vac, entre C e D a leitura será de 24Vac.

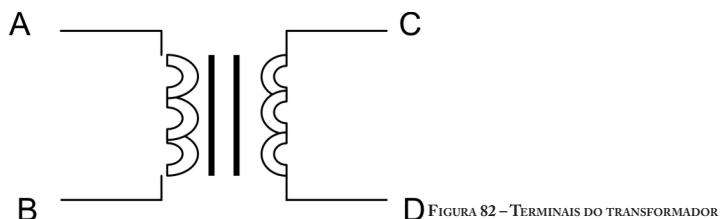
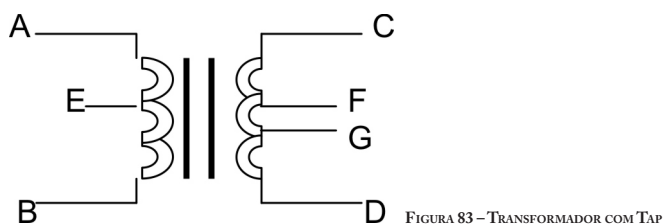
Figura 82 – Terminais do transformador

Neste teste é possível identificar quais são os terminais *taps*: colocando-se uma das pontas de prova na extremidade inferior do indutor (B da figura 83) e com a outra ponta de prova, procura-se o terminal do mesmo enrolamento que resulte na leitura de tensão especificada para o *tap* desejado.

Figura 83 – Transformador com Tap

17. Autotransformador

É um tipo especial de transformador, no qual o secundário é apenas um *tap* do primário (figura 84) com o primário AB e o secundário CB. Neste caso, qualquer terminal apresentará continuidade (resistência quase nula) com todos os outros, e a separação primário-secundário, bem como identificação, só é possível pela medição das resistências (maior resistência, maior número de espiras) ou das tensões dos *taps*. Alguns autotransformadores chegam a ter cerca de 10 *taps* (é o caso do transformador *flyback* de televisores).

Figura 84 – Autotransformador

18. Teste de capacitores

Os capacitores armazenam cargas elétricas em duas placas paralelas: para a primeira fluem os elétrons vindos do circuito externo, ficando esta placa negativa; da segunda saem os elétrons, deixando esta placa positiva.

Capacitor em curto significa que há contato entre as duas placas, com toda a corrente elétrica atravessando o capacitor, sem ser armazenada. Por "fuga", entendemos quando apenas uma parte da corrente consegue atravessar o capacitor. Capacitor aberto é tido quando ocorre uma alteração no material que separa as duas placas, impedindo que os elétrons armazenados em uma das placas induzam cargas positivas para a outra.

O capacitor eletrolítico tem alta capacidade de armazenamento, medida em Farads, F entre 1 microFarad e 22.000 microFarads. Capacitores de menor capacidade ficam entre 10 nanoFarad e 1 microFarad. Já o capacitor variável tem uma placa fixa e a outra rotativa por meio de um eixo, variando sua capacidade de acordo com a posição da placa móvel.

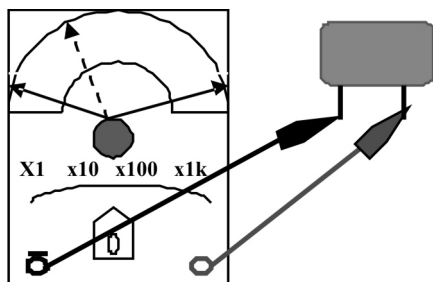



Figura 85 – Medida de carga de capacitador

No teste de capacitores, o Multímetro é colocado na função OHMs, escala 1k, para eletrolíticos pode ser melhor a escalada x10k, se o Ohmímetro a tiver. Uma das pontas de prova deve ser encostada em uma das extremidades do capacitor (terminal), e a outra ponta de prova na outra extremidade (cada terminal está ligado a uma placa), conforme ilustra a figura 85. Para eletrolíticos, a ponta vermelha (positiva/orifício +) fica no terminal + (positivo) e a ponta preta (negativo/orifício -) fica no terminal negativo -.

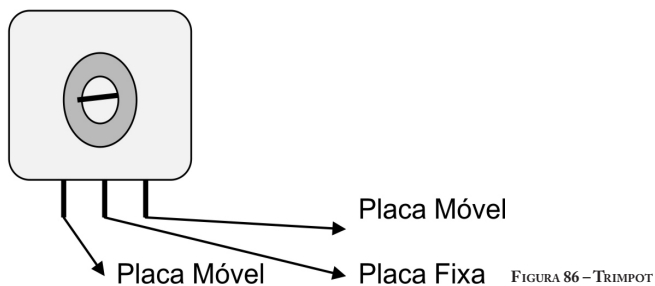
A pilha do Ohmímetro serve como fonte geradora de cargas elétricas, que serão armazenadas no capacitor. Logo que as pontas de prova são encostadas, começa a fluir uma corrente da pilha, passando pela bobina móvel e fazendo a agulha do galvanômetro mover-se em direção a zero Ω (à direita). Mas quando o capacitor acaba de carregar-se até a sua capacidade máxima, ele não

aceita mais cargas elétricas, cessando a corrente da pilha e trazendo a agulha do galvanômetro de volta em direção à resistência infinita, à esquerda (não há mais corrente elétrica na bobina móvel).

Capacitores eletrolíticos sempre têm uma pequena corrente de fuga, de modo que no teste, a agulha do galvanômetro não volta totalmente para a resistência infinita, mas fica indicando uma resistência de cerca de 1kΩ ou mais (há uma pequena corrente atravessando a bobina móvel). A velocidade com que a agulha do galvanômetro move-se depende da capacidade do capacitor. Já capacitores de pequena capacidade têm pouca corrente de fuga, e ao regressar a agulha do galvanômetro deve indicar uma resistência com mais de 5MΩ.

Se a agulha do galvanômetro for direto para zero Ω e não voltar, permanecendo na marcação de resistência nula, é indicação de que o capacitor está em curto (toda a corrente atravessa-o, sem resistência). Se a agulha ao regressar permanecer abaixo da resistência normal(1kΩ) para eletrolíticos e 5MΩ para os outros capacitores, é sinal de que o capacitor tem uma corrente de fuga acima do admissível. Se a agulha do galvanômetro não for para a direita, marcando resistência infinita desde o começo, é sinal de que o capacitor está aberto (nenhuma corrente passa pela bobina móvel para ser armazenada nele).

Geralmente, os capacitores variáveis são fabricados em um só invólucro que contém dois capacitores variáveis, ambos tendo a placa fixa em comum, e as duas móveis, girando pelo movimento de um só eixo. Assim, este componente terá três terminais: um da placa fixa e dois das placas móvel (Figura 86).

Figura 86 – Trimpot

Para testá-lo, o Multímetro é colocado em OHMs, na escala de x1, uma ponta de prova é encostada no terminal da placa fixa e a outra ponta de prova é encostada no terminal da placa móvel. O eixo é girado lentamente. Se durante o giro a agulha do galvanômetro indicar resistência infinita, o capacitor está

bom. Se a agulha indicar zero Ω em todo giro, o capacitor está aberto. Se o resultado for intermitente, conforme a posição do eixo, então o capacitor está em curto em alguma parte (a placa móvel está encostando na placa fixa). O teste é repetido para a outra placa móvel, equivalendo a testar outro capacitor, inclusive um pode estar bom e o outro com defeito.

19. Teste de diodo

O diodo é constituído por uma região semicondutora P, que é seu anodo A (para onde os elétrons fluem (cargas negativas)), e uma região semicondutora N, que é seu catodo K (para onde fluem as lacunas (cargas positivas)), como mostra a figura 87.

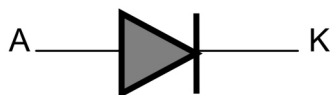



Figura – 87 – Diodo

Entre as regiões (N e P) existe uma barreira de potencial elétrico (tensão) de aproximadamente 0,7V. No componente diodo, o catodo K (região N) é marcado com uma faixa.

Para testar o diodo, o Multímetro, é colocado em x1. A ponta de prova preta/comum, com tensão positiva da pilha, é encostada no anodo do diodo, e a ponta de prova vermelha/VΩ +, com tensão negativa da pilha, encostada no catodo. Chamamos isto de polarização direta, tensão positiva superior a 0,7V aplicada ao anodo do diodo (Figura 88).

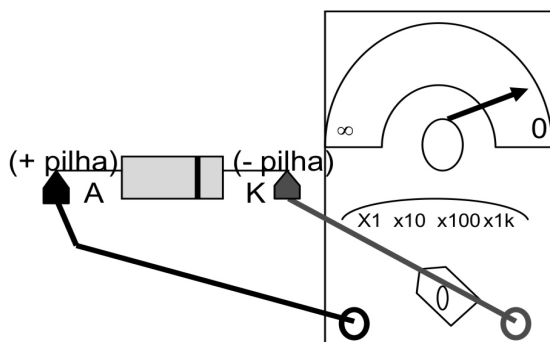



Figura 88 – Teste de diodo disjunção

Com esta polarização o diodo conduzirá corrente, que no Ohmímetro aparecerá como baixa resistência (em torno de 100Ω), caso contrário o diodo estará aberto. Invertendo a posição das pontas de prova, temos a *polarização*

inversa, ponta de prova vermelha/ orifício +, com tensão negativa da pilha, encostada no anodo e ponta de prova preta/orifício -, com tensão positiva da pilha, encostada no catodo. Nesta polarização inversa, o diodo não conduz, levando o Ohmímetro a marcar resistência quase infinita, caso contrário, o diodo está em curto.

RESUMINDO: (1) polarização direta com baixa resistência e polarização inversa resistência infinita – diodo bom; (2) baixa resistência nas duas polarizações – diodo em curto; (3) resistência infinita nas duas polarizações – diodo aberto.

20. Teste de LED

O LED é um diodo semicondutor que na polarização direta faz brilhar seu material fluorescente, como se fosse uma pequena lâmpada, e na polarização inversa, permanece apagado. No componente, o terminal correspondente ao catodo (k) é fixado na parte marcada com um chanfro, mostrado na figura 89.

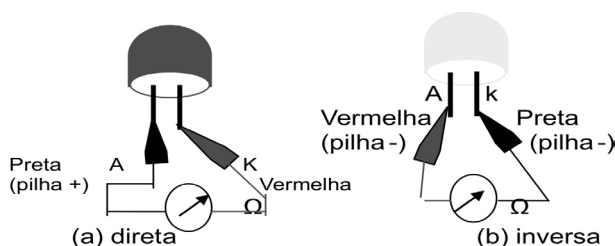



Figura 89 – Polarização do LED com o Ohmímetro

O teste do LED é semelhante ao teste do diodo comum, quando observa-se os resultados pelo brilho do componente. O Ohmímetro é colocado na função Ω escala x1. Com polarização direta, ponta preta/COM (-) no anodo e a ponta vermelha/VΩ (+) no catodo, o LED deverá brilhar, caso contrário, ele estará berto (figura 20a). Já na polarização inversa, ponta preta/COM (-) no catodo e a ponta vermelha/VΩ (+) no anodo, o LED permanecerá apagado (figura 20b).

O teste acima serve para identificar os terminais do diodo. Encoste as pontas de prova nos respectivos terminais, se necessário, inverta-as até encontrar a posição em que o LED brilhe. Está posição será a polarização direta, a ponta de prova vermelha encostada no terminal (catodo) e a outra ponta de prova (preta), encostada no anodo.

21. Teste de diodo Zener

O diodo Zener é projetado para trabalhar em polarização inversa (tensão maior no catodo, tensão menor no anodo). Quando submetido a uma tensão inversa acima de certo valor, o diodo Zener mantém entre seus terminais a voltagem para a qual foi especificado. Esta voltagem torna-se um limite máximo.

No teste do diodo Zener, o mesmo é submetido a uma tensão inversa superior à sua especificada (figura 90). Usa-se o Multímetro em DCV e escala adequada à especificação do diodo Zener, encostando-se a ponta de prova vermelha/VΩ (+) no seu catodo, e a ponta de prova preta/COM (-) no anodo. O Voltímetro deverá marcar uma tensão especifica para o Zener, qualquer que seja o valor da tensão (desde acima da especificada) fornecida pela fonte.

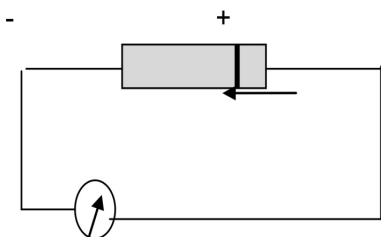



Figura 90 - Teste do Diodo Zener

22. Teste de transistor

Para fins de teste, o transistor é considerado como uma junção de dois diodos. Unindo-os pelos anodos, temos um transistor NPN (figura 91a), mas se a união for pelos catodos, teremos um transistor PNP (figura 91b). O ponto de união dos diodos corresponderá à base (B), e os dois terminais restantes corresponderam ao emissor (E) e ao coletor (C).

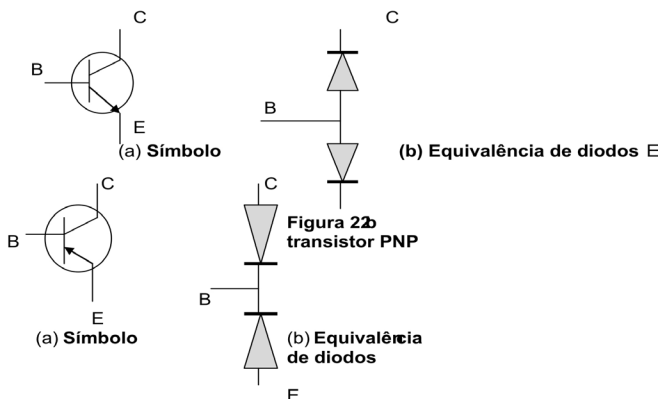



Figura 91 – Teste do transistor

O primeiro passo para o teste do transistor é identificar sua base B. Lembrando-se de que o diodo tem resistência quase infinita na polarização inversa do Ohmímetro em x1, e uma pequena resistência (cerca de 100Ω) na polarização direta.

Com o transistor fora do circuito e o Multímetro em Ω/x1, encosta-se a ponta de prova em um dos terminais e a outra ponta de prova no outro terminal, a seguir, invertendo-se as posições das pontas de prova. A operação é repetida com todos os terminais, até que se consiga dois deles apresentando resistência infinita tanto na polarização direta quanto na polarização inversa: um deles será o coletor (C), e o outro o emissor (E). A base será o terminal restante. A junção entre os dois diodos (para confirmar a base (B) tem polarização direta e inversa com cada um dos outros dois terminais E e C.

Com a base já identificada (B), basta saber agora que são os outros dois terminais (coletor (C) e o emissor (E)). Para isto, o Multímetro deve ser colocado em Ω/x10k. Verificando-se a resistência de polarização inversa entre a base e os outros dois terminais, o que apresentar a menor resistência será o emissor E, e apresentando uma resistência maior, será o coletor C.

Para identificar que é NPN/PNP do transistor, procura-se a polarização direta no Ohmímetro entre a base B e o outro terminal. Se a ponta de prova preta/COM (-) estiver encostada na base B o transistor será NPN; com a ponta de prova vermelha/VΩ (+) na base, será um transistor PNP.

O teste do estado do transistor também segue sua equivalência com dois diodos, utilizando o Ohmímetro em x1.

RESUMINDO:

• Resistência pequena entre coletor C e emissor E, tanto na polarização inversa quanto na polarização direta: transistor em curto;

• Resistência pequena entre base B e outro terminal, na polarização inversa: transistor em curto;

• Resistência infinita entre base B e outro terminal, na polarização direta: transistor aberto.

O transistor também pode ser testado em funcionamento, com a tensão ligada. O multímetro deverá estar em DCV, na escala adequada.

• Transistor NPN: a tensão entre emissor E e base B deverá ter cerca de +0,7V, e entre base B e coletor C, a tensão deverá ser de +0,7V;

• Transistor PNP: a tensão entre emissor E e a base B deverá ser de -0,7V, e entre base e coletor C, a tensão deverá ser muito mais negativa que -0,7V.

23. Teste de chaves

A chave mais popular é a do tipo H-H de polos duplos (conhecida tecnicamente por “SPDT”), mostrada na figura 92. Na verdade, são duas chaves controladas por uma única alavanca. A primeira chave tem uma central C1 e os polos A1/B1, a segunda tem o centro C2 e os polos A2/B2. Quando a alavanca é movida para cima C1, fica estabelecido o contato entre o polo A1, e C2 com A2. Movendo-se a alavanca para baixo, temos C1 em contato com B1 e C2 com B2.

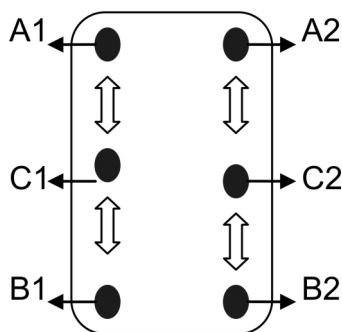



Figura 92 – Chave H-H de pólos duplos (vista por baixo)

Movendo-se a alavanca para baixo, encostando-se a ponta de prova em C1 e a outra ponta de prova em B1, resultará em leitura de zero (0Ω), caso contrário a chave estará aberta; repetindo-se a medida para C2/B2. Com a ponta de prova em C1 e a outra ponta de prova em A1, deve-se ter resistência infinita, senão a chave estará em curto ou com fuga; repetindo o teste para C2/A2.

24. Como funciona o multímetro analógico

A base do funcionamento do multímetro é o instrumento indicador de bobina móvel cujo aspecto interno é mostrado na figura 93.

Conforme podemos ver, uma bobina de fio esmaltado muito fino, na forma de retângulo, é apoiada em dois eixos e fixada entre os polos de um forte imã permanente em forma de ferradura. Os movimentos da bobina são limitados por um par de molas espirais, que também servem para fazer contato elétrico da bobina com o circuito externo.

Quando uma corrente circula pela bobina, aparece um campo magnético que interage com o campo do imã, de modo a haver uma força que tende a girar o conjunto. O movimento da bobina é, então, limitado pela ação da

mola. O giro desta bobina será proporcional ao campo magnético criado que, por sua vez, é proporcional à corrente que passa pela bobina.

Fixando um ponteiro neste conjunto, podemos fazê-lo correr sobre uma escala que poderá ser diretamente graduada em termos da corrente que circula pela bobina. Este conjunto básico é, portanto, um sensível medidor de correntes elétricas.

A unidade de corrente elétrica é o Ampére, mas as correntes da ordem de amperes são fortes demais para poderem ser medidas diretamente por este delicado instrumento. Assim, as escalas dos instrumentos normalmente são especificadas em termos de milésimos de ampere (mA) ou milionésimos de ampere (μA).

Os instrumentos que encontramos nos multímetros são miliamperímetros ou microamperímetros, pois são sensíveis o bastante para poderem dar uma indicação da corrente desta ordem.

A especificação de um instrumento é dada pela corrente que causa a movimentação da agulha até o final da escala.

Dizemos que esta é a corrente de fundo de escala do instrumento. Corrente de fundo de escala — corrente que causa a movimentação da agulha até o final da escala ou a corrente máxima que o instrumento pode medir. Para os multímetros comuns, são típicos valores de instrumentos usados os seguintes: 0 a 50μA, 0 a 100μA, 0 a 200 μA, 0 a 1 mA

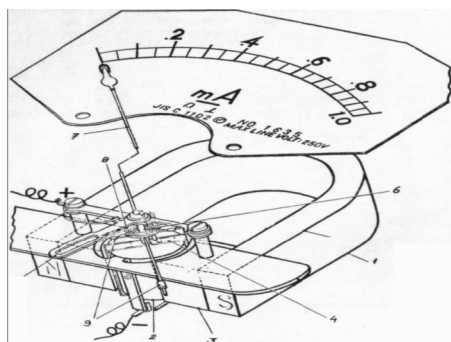



Figura 93 – Vista interna do Galvanometro
Fonte: Catálogo Minipa, 2008/9

1 – Imã
2 – Tambor
3 – Peça Polar
4 – Bobina
6 – Eixo
7 – Ponteiro
8 – Mola
9 – Contra-Peso
10 – Ajuste

Quanto menor for o valor do fundo de escala do instrumento usado no multímetro, mais sensível ele é, pois menor é a corrente que ele pode medir. Na realidade, a sensibilidade não será propriamente especificada em função desta corrente de fundo de escala do instrumento, mas sim em função de outra que decorre desta e que veremos mais adiante.

Um princípio importante da física nos mostra que não podemos medir nenhuma quantidade sem afetá-la. Para medir a temperatura de um corpo, um termômetro, na realidade, extrai um pouco de calor deste corpo, modificando-o.

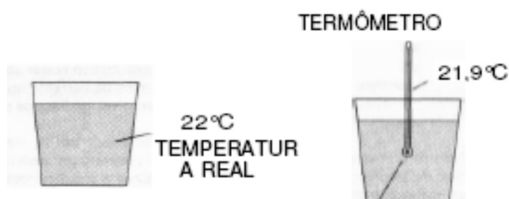



Figura 95 – Teste de temperatura
Fonte: Reis, 1999.

Quando usamos um instrumento de bobina móvel para medir a corrente num circuito, esta corrente tem sua intensidade afetada porque o instrumento representa uma resistência que a reduz.

Um instrumento será tanto melhor quanto menor for a resistência de sua bobina, pois assim sua influência na corrente que está sendo medida também será menor.

Na figura 95, mostramos de que modo podemos usar este instrumento para medir a corrente que uma lâmpada absorve de uma pilha.

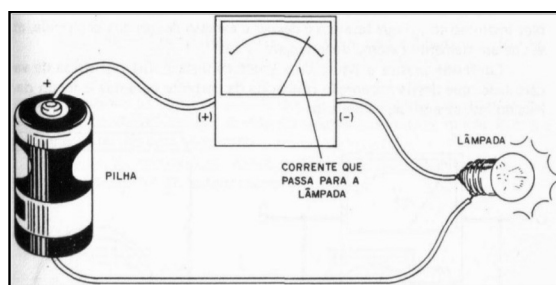



Figura 95 – Teste de corrente
Fonte: Física teoria e prática editorial rideel, [19__]

Instrumento

Mas, e se a corrente que quisermos medir tiver uma intensidade maior do que a de fundo de escala do instrumento? Suponhamos que queremos medir a corrente de uma lâmpada, em torno de 50 mA, usando um instrumento que apenas alcance 1 mA. Como proceder?

Neste ponto, começa a amadurecer a idéia de um multi-instrumento, ou seja, de um instrumento capaz de medir mais correntes do que a alcançada simplesmente com seu uso sozinho.

Para medir intensidades de correntes maiores do que a alcançada pelo simples instrumento, o que fazemos é desviar o excesso de maneira conhecida, por meio de um elemento externo denominado "shunt".

Conforme mostra a figura 96, o *shunt* consiste numa resistência de valor calculado, que desvia proporção conhecida da corrente para que o fundo da escala do instrumento seja ampliado (Resistência de fio).

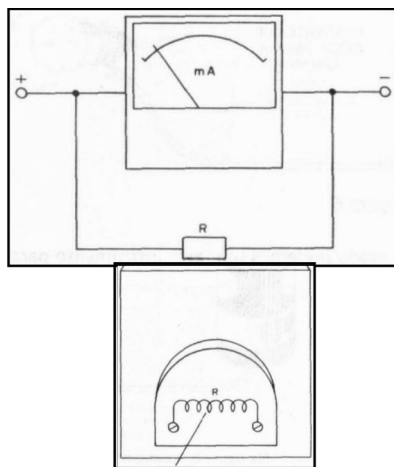



FIGURA 96 – TESTE DE RESISTÊNCIA

Se ligarmos um *shunt* que desvie 90% de uma corrente, de modo que só 10% passe pelo instrumento, para cada 10 mA total, externamente passam 9 mA e pelo instrumento 1 mA. Assim, quando o instrumento indicar 1, a corrente será 10, quando o instrumento indicar 2, a corrente será 20 m A, e assim por diante. Podemos ampliar em 10 vezes a escala com o uso de tal recurso.

Com um *shunt* que desvie 99% da corrente, podemos ampliar em 100 vezes a escala, ou seja, podemos usar um instrumento que alcance apenas 1 mA para medir correntes de até 100 mA.

A figura 97 mostra como podemos medir os 100 mA da lâmpada usando um miliamperímetro de apenas 0-1 mA, utilizando um *shunt.*

1mA corresponde a 100mA com o *shunt*.

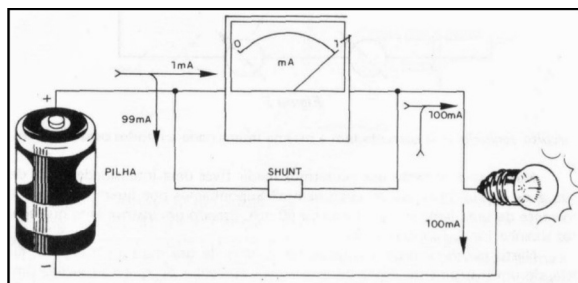



FIGURA 97 – TESTE DE CORRENTE DE SHUNTVCOM MULTITESTE ANALÓGICO

Shunt — Resistência de pequeno valor que é ligada em paralelo com os instrumentos para ampliar a escala de correntes.

Se quisermos ter um instrumento capaz de medir correntes em diversas faixas, podemos utilizar diversos *shunts*, de valores apropriados, que serão colocados em ação no momento oportuno.

Na figura 98, temos duas maneiras de fazer isso com facilidade, obtendo dessa forma um "multi-amperímetro".

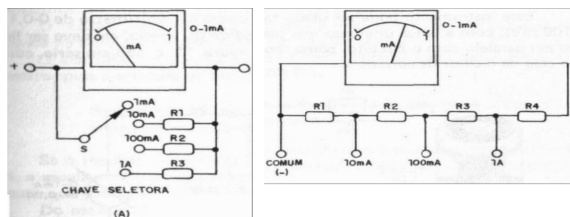



Figura 98 – Medida de resistência serie paralela

No primeiro caso (a), os *shunts* são comutados por meio de uma chave. A cada posição da chave, multiplicamos por 10 o alcance do instrumento. Se tivermos um microamperímetro de 0-100 u A, por exemplo, poderemos ter as novas escalas de: 0 – 1 mA, 0 – 10 mA, 0 – 100 mA.

No segundo caso, a escolha de escala é feita pela posição em que são ligados os elementos de prova. Veja que esta configuração (B) é mais complexa por causa dos percursos que a corrente faz nos diversos casos, o que leva a um cálculo mais elaborado de valores.

Para medir tensões, ligamos entre os polos do circuito o instrumento, de modo que ele fique submetido à tensão que deve ser medida.

Neste ponto, também podemos pensar em ampliações de escala. E se quisermos medir tensões maiores que 0,1 V, por exemplo?

Conforme percebemos, o problema também consiste em mudar a resistência do circuito, de modo que tenhamos a corrente de fundo de escala com uma tensão maior.

Supondo que desejamos medir a tensão de 1 V no fundo de escala com o mesmo instrumento, vemos que a resistência apresentada deve ser: R = 1/0,001 R = 1000 ohms.

Como a bobina do instrumento já tem 100 ohms, tudo que fazemos é ligar em série um resistor de 900 ohms, conforme mostra a figura 99.

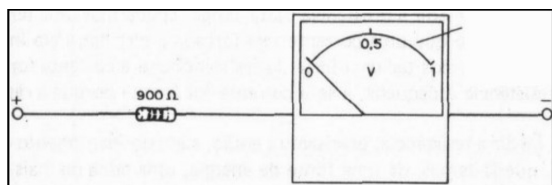



Figura 99 – Medida de resistência

Nova escala em Volts

Fazemos, então, com que 90% da tensão fique sobre o resistor e 10% sobre o instrumento, multiplicando por 10 seu fundo de escala.

O resistor, que é ligado em série com o instrumento para multiplicar seu alcance na faixa de tensões, é denominado "multiplicador". O instrumento que obtemos para a medida de tensão será denominado voltímetro, pois a unidade de tensão é o volt (V).

Resistência Multiplicadora — Resistência ligada em série com o instrumento indicador num voltímetro. Se o resistor representar 99% do valor da resistência total e o instrumento 1%, a escala será multiplicada por 100. Poderemos medir até 10 V com o instrumento que tomamos como exemplo.

Do mesmo modo que fizemos no caso do multiamperímetro, também podemos ter um multivoltímetro, se pudermos ligar a qualquer momento, em série com o instrumento, resistências multiplicadoras de valores apropriados.

Na figura 100, temos as duas maneiras normais de fazer isso. No primeiro caso, usamos uma chave seletora e no segundo caso, a escolha de resistência pela ligação em terminais apropriados das pontas de prova.

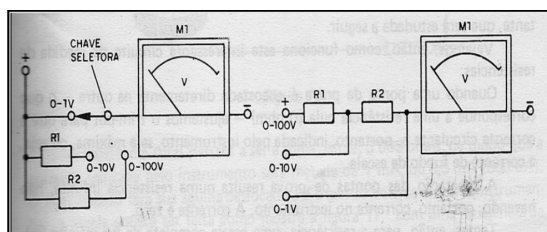



FIGURA 100 – MEDIDA DE CIRCUITO RESISTIVO

Seleção de funções e escala

Há três (3) tipos de seleção de funções e escalas:

1. Chave Giratória – semelhante ao Multímetro analógico, com uma chave seletora que gira em faixas de funções ("Ω" – resistência, "DCV" – tensão dc, "ACV" – tensão ac, "ACA" – corrente ac, "DCA" – corrente dc, e algumas funções especiais como, "h_{fe}", "bip", "diodo"); dentro de cada faixa, seleciona-se a escala adequada à medida a ser feita. A chave fica retida na posição escolhida, e em alguns modelos de Multímetro digitais, é preciso pressioná-la para dentro para girar a chave seletora.

2. Teclado – com teclas correspondentes às funções e escalas, cujos valores e unidades vêm marcados na tecla, ou próximo dela. A tecla quando pressionada fica retida e só é liberada quando for pressionada novamente.

3. Auto-range – é selecionada (por teclado) apenas a função, e o circuito do aparelho encarrega-se de ajustar à escala adequada para uso. Neste caso, o display apresentará o múltiplo ou submúltiplo da unidade a ser medida (MΩ, KΩ, mA, etc.).

Observamos também que os Multímetros digitais têm uma função chamada de “ACA” (corrente ac), raramente encontrada nos Multímetros analógicos, além de uma função especial chamada de “bip”, “h_{fe}” e teste de diodo” (esta última é geralmente indicada pelo símbolo de um diodo).

MULTÍMETRO DIGITAL

1. Multímetro Digital X Analógico

O Multímetro analógico, como foi visto anteriormente, é caracterizado por um mostrador com uma agulha. O Multímetro digital substitui a agulha por um display, apresentando o resultado das medições diretamente em números mostrado no visor.

Embora seja esta a diferença mais evidente entre ambos, outras diferenças existem e são importantes para o técnico: correspondência entre polaridade da pilha interna e pontas de prova, resistência interna, facilidade de teste de semicondutores, novas funções existentes no Multímetro digital.

É certo que dentro de alguns anos, só teremos o Multímetro digital, esquecendo-se do analógico. Neste período de transição, é interessante conhecer os dois tipos, aproveitando-se das técnicas consagradas do multímetro analógico e aplicando-as ao Multímetro digital, ao mesmo tempo que se explora os novos recursos.

Mesmo que você não esteja interessado a usar o Multímetro analógico, leia com atenção o capítulo anterior, considerando-o como introdução ao Multímetro digital.

Gabinete

O gabinete do Multímetro digital é mostrado na figura 101. Na parte superior do gabinete há o *display* de cristal líquido, na parte inferior do gabinete temos os bornes de medidas e entre elas a chave rotativa (seletora de funções e escalas).

Figura 101 – Multímetro Digital
Fonte: Catálogo Minipa, 2008/9

Uma chave ON/OFF liga o aparelho. O aparelho sendo ligado imediatamente aparecerá no *display* o registro da leitura atual (dependendo da função que foi selecionada e da posição das pontas de prova). Se nada acontecer, algo está errado com o Multímetro.

Atrás do gabinete, na parte inferior, temos uma tampa móvel. Retirando-a encontraremos a bateria (9V) e o fusível (com cerce de 0,5 A). As partes são acessíveis ao usuário do aparelho. As demais encontram-se na parte interna do gabinete, sendo necessário desmontá-lo para ter acesso ao circuito elétrico. Se necessário, a bateria e o fusível podem ser retirados para teste.

O Multímetro digital é mais compacto e robusto do que o Multímetro analógico, porém mais sensível a temperaturas, recomendamos, usá-lo em ambientes não muito quentes.

Display

O *display* é baseado no 7-LED DISPLAY – *Display* de sete segmentos, em forma de barra, compondo o número "8" (oito) com mostra a figura 33 a. Acendendo apenas alguns deles, forma-se a numeração de zero (0) a nove (9).

Figura 102 – Números Digitais – (a) *Display* de sete segmentos

O *display* apresenta ainda pequenas mensagens, como "*LO BAT*". Em alguns modelos, o *display* registra também o tipo de medição que está sendo efetuada naquele momento ("ACV", "DCV", "Ω"). O sinal negativo é mostrado antes do número, quando se trata de valores negativos.

Uma especificação importante do Multímetro digital é a quantidade de dígitos que seu *display* pode apresentar. Normalmente, são necessários três (3) dígitos, para se trabalhar no dia-a-dia (por exemplo "746", "052", "746"). Além desses, o *display* pode ter o primeiro dígito que marque apenas "1", ou não aparece, denominado de "1/2 dígito". O *display* de 3 dígitos e ½ significa que o primeiro dígito é "1", ou não aparece, seguindo-se três dígitos (por exemplo: "483", "749", "119").

No multiteste digital a comparação da tensão a ser medida é, geralmente, feita com uma tensão de referência de 100mV. Se o visor puder apresentar valores de até 1,999, isto significa que a escala básica de tensão contínua é de 0 – 199,9mV, frequentemente chamada de escala de 0 – 200mV. Para que tensões maiores possam ser medidas, é necessário que circuitos apropriados sejam incluídos e que forneçam na saída uma tensão que seja uma potência de 10 vezes menor que a tensão de entrada. Por exemplo, se VI = 19V, deve ser feita uma divisão por 100 para que a tensão aplicada ao circuito integrado seja de 190mV e possa ser medida pelo multiteste. Como no instrumento analógico, a escala é escolhida por meio de uma chave seletora que, adicionalmente, ajusta a posição do ponto decimal do mostrador.

A resistência de entrada do multiteste digital é fixa para todas as escalas de tensão e seu valor geralmente é de 10MΩ. Como esta resistência é muito maior que a resistência interna da maioria dos circuitos, a interferência do multiteste digital na tensão que está sendo medida pode ser desprezada na maior parte dos casos.

BIP

Alguns modelos de Multímetros digitais têm a função "bip", indicada na seleção de escala pelo símbolo da figura 34 (correspondendo ao símbolo de propagação de ondas sonoras). O aparelho produz um sinal sonoro ("bip") quando as pontas de prova são encostadas em pontos de curto-circuito (continuidade). Como o Ohmímetro, o aparelho em teste deve ser desligado.

Figura 103 – Indicação de bip

Uma das melhores aplicações para o uso do *bip* é o acompanhamentos de trilhas de circuito impresso. Fixa-se uma das pontas de prova do Multímetro em uma das extremidades da trilha do circuito impresso e com a outra ponta de prova, testa-se a continuidade de toda a trilha do circuito impresso. Se ocorrer o sinal do *bip* (sinal sonoro) é indicação de que há continuidade entre os pontos testados, caso contrário a trilha estará rompida, ou os extremos não são da mesma trilha. Um processo semelhante é usado para identificar em uma faixa qualquer de fios quais são os extremos de dois fios.

O sinal sonoro é a leitura de zero (0Ω). A sua grande vantagem é que dispensa que o técnico olhe para o visor do Multímetro, seguindo apenas o sinal sonoro e não desviando a atenção do circuito impresso em teste.

2. Teste inicial do multímetro

Ao ser ligado (com as pontas de provas separadas), o Multímetro digital deverá apresentar no *display* zero, exceto se estiver na escala de Ω, na qual indicará o dígito mais significativo (dígito na extrema esquerda do visor, correspondendo ao ½ dígito) em "1". Sempre que as pontas de prova não estiverem sendo usadas, o visor mostrará um deste dois valores.

Como defeitos comuns temos o mau contato na chave de seleção ou nos bornes de entrada de medidas, e pilhas, porventura, descarregadas. Para evitar iniciar um teste com um desses defeitos, desde que tenha certeza que o aparelho está em perfeitas condições, ligue-o na função "bip" selecionada e encoste as pontas de prova uma na outra, escutando o sinal sonoro de continuidade.

3. Medição de tensão - corrente - resistência

O processo de medição de tensão, corrente e resistência é bastante semelhante ao que foi visto para Multímetros analógicos. No Multímetro digital, não é preciso fazer interpretação da leitura (posição da agulha na escala), apenas selecionar a escala adequada para a medida a ser feita, lendo diretamente, no visor, o valor da medida que foi feita.

Se o valor medido (em qualquer função) for maior que a selecionada, o *display* mostrará "1" no dígito mais significativo (correspondendo ao ½ dígito). Ao vê-lo, mude para uma escala mais próxima.

4. Medição de semicondutores

Na função Ω, o multímetro digital não tem corrente suficiente para testar semicondutores. Para serem feitos testes de semicondutor, é preciso selecionar a função "teste de diodo". Ao contrário do Multímetro analógico,

no Multímetro digital, a ponta de prova preta/COMUM (-) é mesmo o COMUM (-) da tensão fornecida pelo aparelho de teste, e a ponta de prova vermelha/Ω,V (+) é o polo positivo. Nesta função, a tensão disponível é cerca de 3V.

Selecionando a função “teste de diodo”, encostando a ponta de prova vermelha no anodo A do diodo, e a ponta de prova preta no seu catodo k, corresponderá à polarização direta (mostrada na figura 104a), e o display mostrará um valor de cerca de 506Ω. Invertendo as pontas de prova (preta no anodo A e vermelha no catodo k (com mostra a figura 104b), teremos uma polarização inversa, e o visor mostrará “1” no dígito mais significativo, correspondendo à resistência infinita.

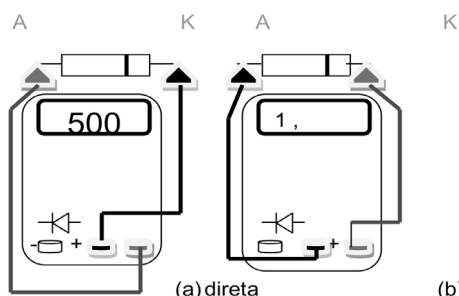



Figura 104 – Polarização de semicondutor

Aplicação - Teste de LED

Sendo um diodo semicondutor, o LED tem um teste igual ao que foi visto para diodos. Selecionando-se a função “teste de diodo” e encostando-se a ponta de prova nos terminais do LED. Se ele acender, teremos a ponta de prova vermelha no anodo A e a ponta de prova preta no catodo K (figura 105a). Se ele permanecer apagado, coloque então a ponta de prova preta no anodo A e a ponta de prova vermelha no catodo K, (figura 105b). Se o LED permanecer apagado ele estará aberto.

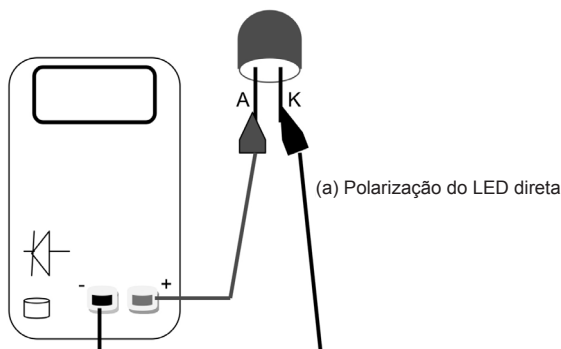
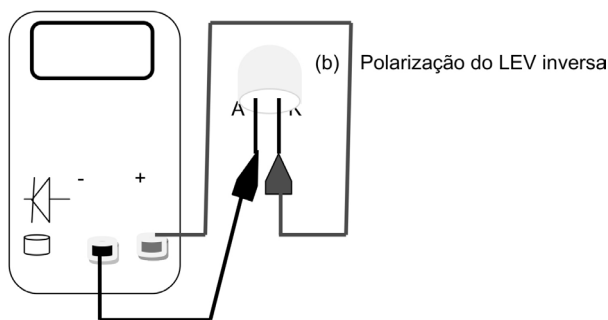



Figura 105 - Polarização do LED

Aplicação - Teste do transistor

Com um Multímetro digital é possível identificar qual dos terminais é a base “B”, mas o emissor “E” e o coletor “C” não podem ser identificados com o Multímetro digital (já com o Multímetro analógico é possível).

Para a identificação de que é a base do transistor, selecione no Multímetro a função “teste de diodo”. Procure dois terminais que, tanto na polarização direta quanto na polarização inversa, apresentem resistências infinitas (figura 106). Um deles será o emissor e o outro, o coletor; o terceiro terminal será a base.

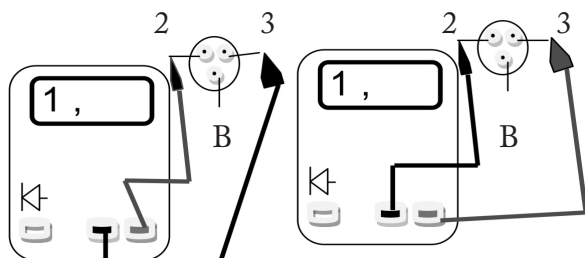



Figura 106 – Identificação da base do transistor

Então, com a base identificada, resta descobrir o tipo de transistor que está sendo medido, NPN ou PNP, e saber se eles estam bons ou não. Encoste uma das pontas de prova na base “B” (1) e a outra ponta de prova no terminal (2). Depois, inverta as posições (figuras 107 a, b e figura 107 c, d). Uma dessas posições será a polarização direta da junção base-terminal 2, a outra será a polarização inversa, o que poderá ser determinado pela leitura do display (500Ω e “1” no dígito mais significativo, respectivamente). Repita o teste com uma ponta de prova na base e a outra no terminal, também obtendo uma polarização direta e outra inversa (figura 107 a, b, e figura 107 c, d).

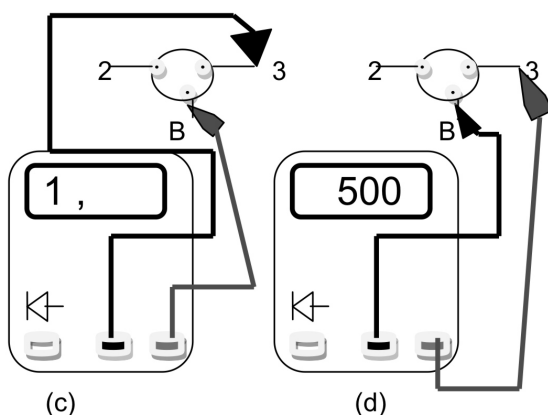
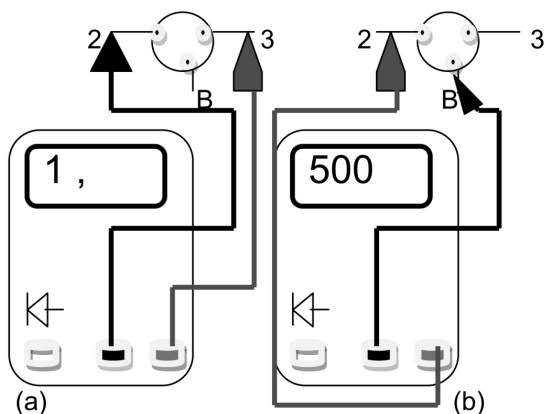



Figura 107 – Teste de transistor PNP (a,b) base – primeiro terminal; (c,d) base – segundo terminal

5. Medida de h_{fe} de transistor

Hfe ou ß é o ganho de corrente entre coletor e base do transistor. Geralmente o hfe está entre 20 e 1000, dependendo do fabricante ou da marca do transistor, e a medida é dada pela relação: $h_{fe} = iC/iB$.

Alguns modelos de Multímetro digital têm uma função especial para medir o hfe do transistor. Os terminais E, B, C do componente são conectados nos respectivos encaixes indicados no Multímetro. Selecionada a função "h_{fe}", a leitura do hfe aparecerá no *display*. Existem duas posições de encaixe; uma para transistor PNP, onde a base fica no meio, à esquerda; o emissor fica acima e o coletor abaixo; a outra posição é: a base no meio, à direita; o coletor acima e o emissor abaixo.

Estando o transistor em curto, aberto ou em fuga, a leitura de seu hfe aparecerá alterada.

Medida de tensão alternada

Como as grandezas básicas medidas pelos multitestes são contínuas, é necessário incluir no circuito para medida de tensões alternadas um dispositivo chamado retificador, que transforma tensões com forma de onda senoidal em tensões contínuas proporcionais a alguma característica da senóide (amplitude, valor médio quadrático etc).

Medida de corrente contínua

Multiteste analógico

Como a medida básica do multiteste analógico é de corrente contínua, basta aplicar a corrente a ser medida diretamente ao instrumento. Caso a corrente seja maior que a correspondente ao fundo de escala, é necessário acrescentar circuitos derivadores que desviam parte da corrente que circula pelo circuito. Como nas medidas de tensão, os derivadores são selecionados por meio de uma chave em que cada posição corresponde a uma escala de corrente.

Multiteste digital

Sendo o multiteste digital um instrumento que compara tensões contínuas, é necessário inserir no circuito resistores calibrados que produzem uma tensão proporcional à corrente e podem ser escolhidos por meio de uma chave.

É importante observar que nos dois casos uma resistência externa é inserida no circuito no qual a corrente deve ser medida, alterando a resistência do caminho de corrente. Dependendo da grandeza da resistência inserida, a corrente no circuito pode ser alterada pela presença do multiteste

Medida de resistência

Multiteste digital

A Lei de Ohm é usada na forma **V** = **R** * **I**. Uma fonte de corrente é usada para fornecer a corrente **I** com valor conhecido e a resistência **R** pode ser determinada, medindo a tensão **V**, sobre o resistor.

Alicate Volt-amperímetro

O medidor de Corrente e de Tensão, tipo “alicate”, é um aparelho largamente utilizado. É conhecido como Alicate Volt-Amperímetro.

Esse instrumento possui escalas para medir a Corrente e a Tensão. Com isso, deverá ser ajustado por meio de uma chave seletora (corrente ou tensão), antes de efetuar a medição.

Se a pessoa não tem uma ideia do valor da corrente ou da tensão a ser medida, ela deverá ajustar o aparelho para a maior escala de corrente ou

tensão e, se for o caso, ir diminuindo a escala para que seja efetuada a medição corretamente. Deve-se consultar o Manual de instruções do aparelho.

Medição de corrente elétrica: O aparelho possui garras que "abraçam" o condutor por onde passa a corrente elétrica a ser medida. Essas garras funcionam como núcleo de um transformador de corrente em que o primário é o condutor, no qual está sendo realizada a medição e o secundário é uma bobina enrolada que está ligada ao medidor propriamente dito, conforme indica a figura 108.

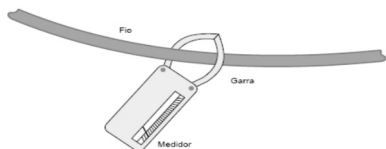



FIGURA 108 – ALICATE AMPERÍMETRO

Observação: O amperímetro deverá abraçar apenas o(s) fio(s) da mesma Fase (F1, F2 ou F3).

Medição de tensão elétrica: Para medir tensão, esse instrumento possui dois terminais nos quais são conectados os fios, que serão colocados em contato com o local a ser medido.

Aplicação - Medida de corrente AC

1. Selecione a faixa apropriada para a medida ACA. Se a corrente a ser testada for desconhecida, sempre comece pela maior faixa, então ajuste para uma faixa mais adequada, se necessário;
2. Pressione o gatilho para abrir a garra transformadora e insira apenas o condutor com a corrente a ser medida, no centro da garra;
3. Efetue a leitura na escala apropriada.

Aplicação - Medida de tensão AC

1. Insira a ponta de prova vermelha no terminal de entrada V/Ω e a ponta de prova preta no terminal de entrada COM;
2. Selecione a chave rotativa para a maior faixa de tensão;
3. Conecte as pontas de prova no circuito a ser medido e efetue a leitura da tensão na escala apropriada.

Aplicação - Medida de tensão DC

1. Gire a chave rotativa para a posição DC 75V;
2. Insira a ponta de prova vermelha no terminal de entrada V/Ω e a ponta preta no terminal de entrada COM;
3. Conecte as pontas de prova no circuito a ser medido e efetue a leitura na escala apropriada.

Aplicação - Medida de resistência

1. Gire a chave rotativa para a função Ω;

2. Insira a ponta de prova vermelha no terminal de entrada V/Ω e a ponta de prova preta no terminal de entrada COM;

3. Com as pontas de prova em aberto, ajuste a chave de zero mecânico para que a agulha do galvanômetro indique exatamente "∞"(infinito), totalmente à esquerda, na escala de Ω;

4. Com as pontas de prova em curto (uma encostada à outra), ajuste o *Knob* de ajuste de zero ohms para que a agulha do galvanômetro indique exatamente "0" (zero), totalmente à direita, na escala de ohms.

Advertência:

Para evitar danos ao instrumento ou ao equipamento em teste, remova toda a alimentação do circuito e descarregue todos os capacitores antes de medir a resistência.

5. Conecte as pontas de prova no circuito a ser medido e efetue a leitura da resistência na escala apropriada.

Aplicação - Medida de temperatura

1. Gire a chave rotativa para a faixa Ω x100 (TEMP);

2. Insira o plugue vermelho da ponta de prova de temperatura no terminal V/Ω e aplique a extremidade sensora da ponta de prova no terminal de entrada COM. Ajuste o Knob de zero ohm para que a agulha do galvanômetro indique exatamente a marca CAL;

3. Remova a extremidade sensora da ponta de prova de temperatura e insira o plugue preto no terminal de entrada COM;

4. Coloque a extremidade sensora da ponta de prova de temperatura em contato com o objeto cuja temperatura será medida.

Observação:

- Não meça objetos metálicos com tensões acima de 50V;
- Não meça temperaturas acima do limite máximo de 15ºC;
- Nas medidas, efetue a leitura aproximadamente após 30 segundos depois de ter aplicado a ponta de prova de temperatura.

Aplicação - como utilizar o dispositivo de travamento da agulha do galvômetro

1. Desloque o dispositivo para a esquerda o fim de travar a leitura da agulha do galvanômetro. Isto permite que a leitura das medidas em áreas de difícil acesso e de pouca luminosidade possa ser efetuada após trazer o instrumento para um local mais apropriado;

2. Para destravar a agulha do galvanômetro, desloque o dispositivo para a direita.

Manutenção

A manutenção consiste em uma limpeza periódica e na troca de bateria. Para retirar impureza da parte externa do instrumento, pode-se utilizar um pano limpo e seco, removemdo, assim qualquer resíduo de óleo, graxa ou sujeira. Nunca utilize produtos solventes ou detergentes abrasivos.

Troca de bateria

Advertência:

Nunca execute a troca de baterias enquanto efetua medidas.

1. Remova o parafuso do compartimento traseiro do instrumento;
2. Substitua a bateria por uma nova, observando a polaridade correta. Utilize somente o mesmo tipo de bateria ou equivalente;
3. Recoloque a tampa do compartimento da bateria e o parafuso.

Troca de fusível

1. Remova o parafuso do gabinete inferior e retire-o;
2. Primeiramente, verifique se a troca é necessária e caso seja, retire o fusível queimado;
3. Substitua por um de mesmo tipo e especificação;
4. Assegure-se de que o fusível esteja centralizado no soquete.

GERADOR DE FUNÇÕES

1. Introdução

É um equipamento muito útil para a análise do comportamento dos circuitos.

FIGURA 109 – GERADOR DE FUNÇÃO
FONTE: CATÁLOLO MINIPA, 2008/9

É um instrumento que proporciona sinais de entrada para o equipamento sob teste, que são os mais parecidos possíveis com aqueles com que na realidade trabalharemos.

Parâmetros mais importantes

Os diferentes tipos de sinais que são capazes de nos proporcionar, ou seja, sinais sinusoidais, quadrados, triangulares, em rampa, um sinal de varredura ou disparo, geração de impulsos, modulação AM e FM para alguns destes sinais, etc.

A escala de frequência de trabalho.

A amplitude do sinal de saída.

A precisão e estabilidade da frequência do sinal de saída determinam a qualidade do equipamento.

A distorção da onda senoidal. Se o sinal gerado tiver uma distorção elevada, não poderemos estar seguros se a distorção de saída do equipamento sob teste é própria ou do gerador.

Os painéis de controle costumam ser bastante ergonômicos, para que possamos identificar de uma maneira rápida as diferentes funções e opções de que dispõe o equipamento.

Podemos variar a simetria do sinal, tanto no referente ao seu nível, e neste caso acrescenta uma certa componente contínua do sinal (DC OFFSET), como na frequência no qual, sobretudo no sinal quadrado, podemos modificar o seu ciclo de trabalho (*Duty cycle*) entre os 80% e os 20% do sinal original.

A OFFSET têm a possibilidade de fornecer sinais modulados em amplitude (AM), frequência (FM) e fase (PM). Devemos ter em conta o índice de modulação para os sinais de AM, o desvio de frequência para os de FM.

Esses equipamentos dispõem de um disparo interno muito útil para criar formas de onda em porta, por "rajada" e sincronizadas em fase, de modo que este sinal se pode utilizar para a sincronização do gerador de funções com outros instrumentos.

2. Formas de onda

Nos laboratórios de eletrônica os geradores de funções constituem uma das ferramentas usuais de trabalho. Estes aparelhos geram ondas normalmente de três tipos: senoidal, triangulares e quadradas. Em alguns geradores existe ainda uma outra hipótese de geração de impulsos.

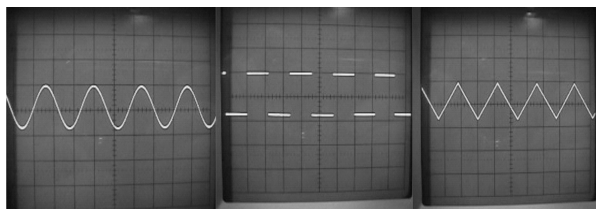



Figura 110 – Formas de ondas

3. DC OFFSET

O botão de DC OFFSET permite somar ao sinal de saída um sinal contínuo cujo valor pode ser variado continuamente entre –10 V e +10 V.

Os botões de atenuação afetam também o nível da tensão DC.

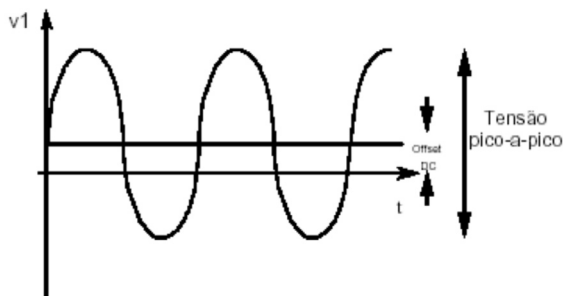



Figura 111 – Onda de nível DC

Atenção: Se a entrada do osciloscópio, onde está a visualizar a onda, encontrar-se no modo DC, o deslocamento introduzido pela adição do sinal contínuo será visível. No entanto, se a entrada estiver em modo AC, a componente contínua será filtrada, e o sinal visualizado não o incluirá.

Pode somar a qualquer das ondas escolhidas uma componente contínua. Se somar um valor excessivo de componente contínua, o amplificador interno satura.

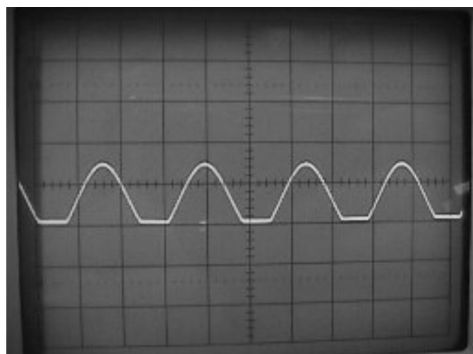



Figura 112 - Osciloscópio para valores excessivos de tensão dc offset positiva

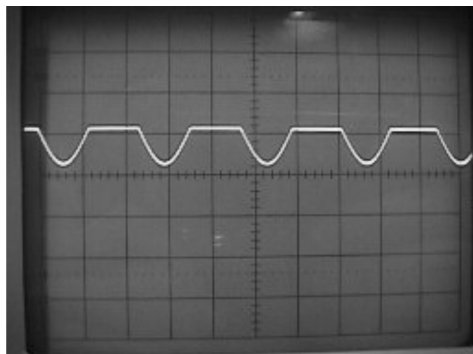



Figura 113 – Osciloscópio para uma tensão de Offset negativa.

4. SWEEP (Varrimento)

Neste modo de funcionamento, a frequência à saída do gerador de funções varia de forma contínua, desde um valor inicial até um valor final, sendo a duração desse intervalo de tempo variável.

A frequência inicial, a frequência final e o intervalo de tempo ao longo do qual ocorre a variação são selecionáveis independentemente.

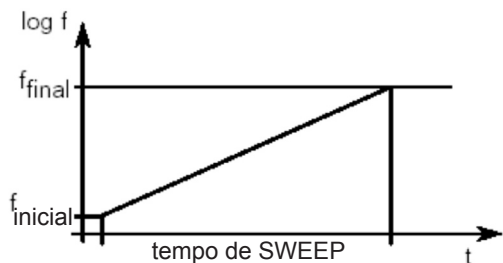



Figura 114 – SWEEP

A frequência inicial é escolhida da mesma forma como se escolhia a frequência do sinal de saída, fora do modo SWEEP.

Qual a finalidade desta função?

Considere o amplificador de uma aparelhagem de som.

A faixa de frequências audíveis (para o ouvido humano) varia entre os 10 Hz e os cerca de 16 KHz. Obviamente, o amplificador deverá estar preparado para amplificar, com fidelidade e elevado ganho, toda esta faixa de frequências.

Mas, o que acontecerá se o utilizar para amplificar o sinal que provém da antena de televisão?

Com uma potência de amplificação tão grande, o sinal que chegaria ao receptor de televisão permitiria garantir uma boa imagem. No entanto, pela simples razão de que a frequência, à qual é emitido o sinal de televisão é muito superior à gama de frequências que o amplificador de som é capaz de amplificar, não é possível este tipo de aplicação.

Verifica-se, pois, que a maioria dos sistemas eletrônicos tem uma gama de frequências de resposta limitada.

Como determinar, então, a banda de frequências de um sistema?

Muito simplesmente aplicando, na sua entrada, o sinal proveniente de um gerador em modo SWEEP, e visualizando, num osciloscópio (ver capítulo 5), a variação da tensão na sua saída.

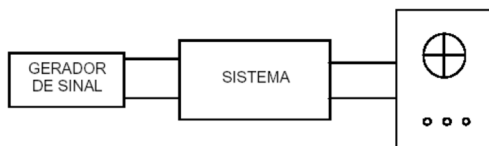



Figura 115 – Montagem de teste de SWEEL

O resultado será uma curva de variação da tensão em função da frequência.

Dividindo a tensão de saída pela de entrada, desde que esta seja mantida constante ao longo de toda a faixa de variação de frequência, obtém-se o ganho do sistema em função da frequência.

A figura 116 apresenta uma curva deste tipo que é chamada de Diagrama de Bode e tem normalmente o seguinte aspecto:

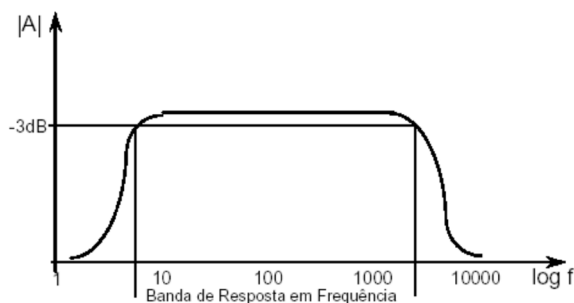



FIGURA 116 - MODULAÇÃO POR IMPULSOS

A modulação por impulsos iniciou-se a partir da Teoria da amostragem[1], a qual estabelece que a informação contida em qualquer sinal analógico pode ser recuperada a partir de amostras do sinal tomadas a intervalos de tempo regulares.

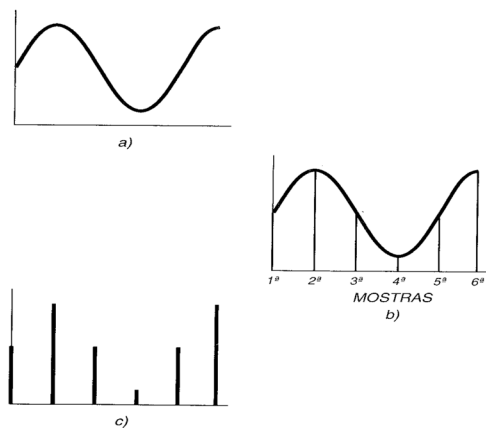



FIGURA 117 – MODULAÇÕES POR IMPULSOS

No desenho a), temos uma forma de onda senoidal que se pretende amostrar, e na figura b), os seus pontos de amostragem. Na figura c) podemos ver os impulsos obtidos como consequência dessa amostragem.

A modulação por impulsos pode ser analógica ou digital.

No caso analógico, os valores das amostras do sinal são transferidos para as amplitudes (PAM) posições de impulsos de formato fixo conhecido (PPM).

[1] Essa Teoria trabalha com vários tipos de sinais de modulação

No caso digital, os valores das amostras são convertidos para números binários que por sua vez são codificados em sequências de impulsos que representam cada um dos valores binários (PCM).

A modulação digital tem preferência sobre a analógica devido a um fator fundamental: a informação transmitida na forma digital pode ser regenerada, replicada e transmitida, mantendo-se livre de distorções. Esta vantagem, entretanto, possui um certo custo: o sinal modulado digitalmente ocupa maior largura de faixa que o seu correspondente modulado analogicamente.

- PAM (*pulse amplitude modulation*) – A modulação da amplitude de impulsos consiste em transformar um sinal analógico num sinal amostrado instantaneamente por meio de impulsos retangulares.
- PWM (*pulse width modulation*) – Na modulação da duração (largura) de impulsos, os valores das amostras de um sinal analógico podem ser expressos por meio das durações de impulsos retangulares.

As vantagens de PWM sobre PAM são as mesmas de FM sobre AM, ou seja, maior imunidade em relação ao ruído e à distorção não – linear.

- PPM (*pulse position modulation*) – A modulação da posição de impulsos consiste em posicionar um impulso retangular de amplitude e duração fixas dentro do intervalo de amostragem, de forma que a posição relativa seja proporcional ao sinal analógico. A vantagem desta modulação sobre as anteriores reside no fato de que o formato de impulso é sempre o mesmo, facilitando a regeneração do sinal.
- PCM (*pulse code modulation*) – A modulação em impulsos codificados consiste em transformar o valor da amostra do sinal analógico num valor numérico no sistema binário cujos algarismos (bits 1 ou 0) são transmitidos sequencialmente na forma de presença (bit 1) ou ausência (bit 0) de impulsos retangulares.

5. Gerador de áudio

Gerador de áudio é um simples oscilador com um controle de frequência, entre 20 Hz a 20 KHz (figura 118). A saída do oscilador passa por um frequencímetro, cujo display digital a frequência naquele instante. Antes da saída temos um atenuador, que atenua o sinal até o nível de voltagem desejado. Tanto atenuação quanto a seleção de frequência são variáveis manualmente pelo operador.

O Gerador de Áudio é de uso restrito (teste de amplificação de áudio), devido à baixa frequência de trabalho.

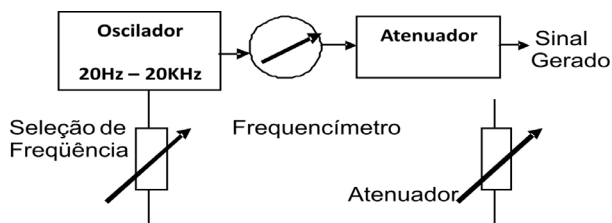



FIGURA 118 – ESQUEMA DO GERADOR DE ÁUDIO

6. Gerador de RF

Gerador de RF tem uma aplicação mais ampla, pois trabalha na faixa de RF (radio frequência). Na verdade, ele trabalha em uma faixa de áudio, entre cerca de 100Hz e alguns MHz.

O gerador de RF é baseado em um Oscilador RF, cuja saída passa por um frequencímetro onde sua frequência de trabalho é marcada (figura 119). Existe um outro Oscilador, mas na faixa de AF (áudio frequência), que pode ser chaveado para modular AM o sinal do oscilador RF. Este último torna-se a portadora da modulação. Por exemplo, podemos ter o oscilador RF em 10KHz e o oscilador AF em 400Hz; o resultado será uma portadora 10KHz modulada AM por um sinal de 400Hz. Tanto a seleção de freqüência do oscilador RF, quanto a frequência de modulação do oscilador AF são variáveis manualmente pelo operador. A saída (sinal modulado ou não) passa por um atenuador, também variável pelo operador, que controla o nível de voltagem do sinal na saída.

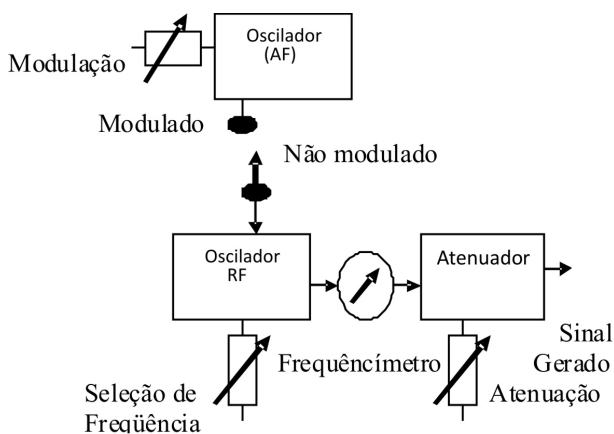



FIGURA 119 – ESQUEMA DO GERADOR DE RF

7. Gerador de Varredura

Os Geradores de Sinais vistos até agora produzem um sinal de frequência fixa, modulado ou não. Entretanto muitas vezes é preciso ter um sinal ocupando toda uma faixa de frequência, a qual chamou banda (figura 120). Por exemplo, para testar ou calibrar o estágio FI do televisor é necessário um sinal na banda de 41MHz a 47MHz. O Gerador de Varredura é o instrumento que gera este sinal.

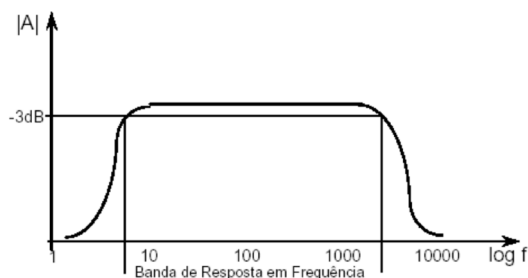



Figura 120 – Banda de Freqüência

O sinal de varredura é composto por sequências de pulsos, mas dentro de cada sequência ocorre uma variação de frequências. Começa com valores menores, que vão aumentando até atingir uma frequência base Fb, depois voltam a decrescer. Se necessário, uma das partes (crescente ou decrescente) da sequência é filtrada, e resta apenas a outra. O alcance da varredura (faixa entre a frequência base Fb e o extremo de variação) é ajustável, bem como a frequência base Fb, permitindo ao Gerador de Varredura operar em qualquer banda desejada.

Um esquema prático de Gerador de Varredura é apresentado na figura 121.

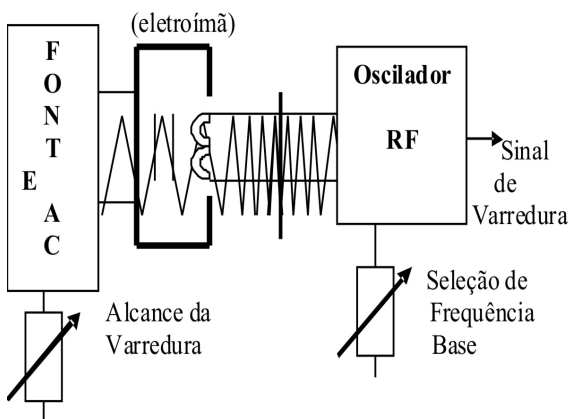



Figura 121 – Esquema do Gerador de Varredura

O oscilador RF fornece a frequência base Fb, selecionada manualmente. A bobina deste oscilador é acoplada a um eletroímã, no qual é feito um

enrolamento percorrido por corrente gerada numa fonte ac variável. A corrente da fonte induz um campo eletromagnético no eletroímã, em conseqüência disto, faz variar sua indutância, alterando a frequência de trabalho do oscilador RF. Como a corrente varia periodicamente (fonte ac), a indutância e a frequência do oscilador RF também terão uma variação constante e repetitiva, resultando o sinal de varredura. A intensidade da corrente, ajustável pelo controle *alcance de varredura* na fonte, determina os extremos de variação da frequência (largura da banda).

Como toda uma faixa de frequências é emitida, o Gerador de Varredura não pode registrá-la no *display* digital de um frequencímetro. Mas os controles *seleção de frequência base e alcance de varredura* podem ser construídos sobre escalas indicativas da frequência base Fb e do alcance da varredura. Entretanto a melhor maneira de visualizar o sinal de varredura é injetá-lo no Osciloscópio, observando-o na tela.

8. Gerador de Marcas

Injetando o sinal de varredura (na frequência e amplitude adequadas) num receptor de TV, ele será reproduzido na tela, observando-se qual o ganho de amplificação de cada frequência, o que ajuda na calibração e teste de estágios (isto também é válido para receptor de rádio). Algumas frequências são mais relevantes, como 3,58 MHz de crominância na TV e 10,7 MHz de frequência central FI de rádio FM.

O **Gerador de Marcas** é um dispositivo embutido no Gerador de Varredura que tem estas frequências relevantes como referência, permitindo ao operador selecionar uma delas. Durante a varredura quando é atingida a frequência de marca FM selecionada, o Gerador de Marcas emite um pulso que provoca uma alteração na amplitude do sinal. Se o sinal de varredura estiver sendo observado e testado no receptor de TV, aparecerá na tela do Osciloscópio uma pequena marca na posição correspondente àquela frequência selecionada (figura 122), o que permite localizá-la.

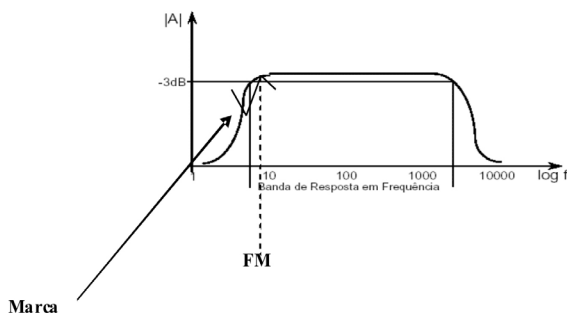



FIGURA 122 – SINAL DO GERADOR DE MARCAS

Um exemplo típico é selecionar a frequência de 3,58 MHz no Gerador de Marcas, programar o Gerador de Varredura para substituir o sinal de vídeo, e verificar na tela do Osciloscópio em qual posição da curva de ganho esta frequência se localiza, comparando-a com o padrão estabelecido para TV.

9. Painel

Nas figuras 123 e 124, ilustramos dois painéis de Geradores de Sinais, um Gerador de RF e outro Gerador de Funções, respectivamente, que apresentam as principais características no gênero. O primeiro é analógico e o outro é digital.

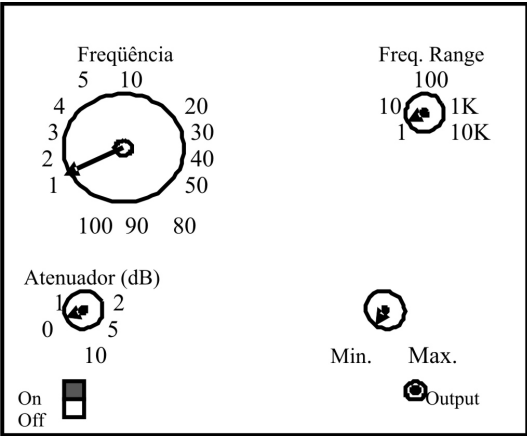



FIGURA 123 – PAINEL DO GERADOR DE RF

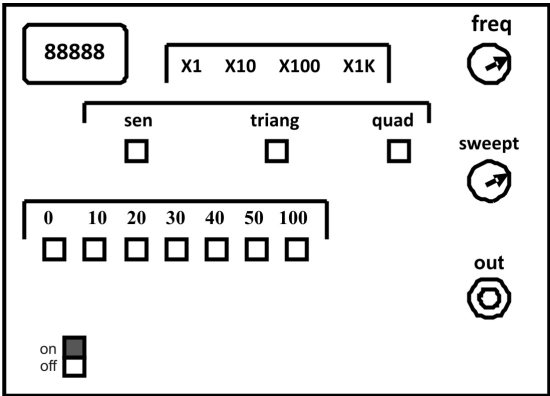



FIGURA 124 – PAINEL DO GERADOR DE FUNÇÕES

No Gerador de RF o botão **FREQ.RANGE** (escala de frequência) seleciona um múltiplo de 10, que multiplicará o valor posicionado pelo operador no botão **FREQUÊNCIA**, escolhendo assim o valor da frequência do sinal a ser gerado. **O ATENUADOR** determina um fator de atenuação

do nível do sinal, em decibel (dB). A frequência de modulação é escolhida no botão **MODULADOR**, podendo ir de zero (sinal não modulado) até um máximo de cerca de 1KHz. Um conector **OUTPUT** recebe o cabo da ponta de prova usada, para ligar eletricamente o sinal gerado ao ponto desejado. Junto com a ponta de prova, encontra-se uma garra jacaré, que deve ser fixada ao chassis do equipamento recebendo o sinal, ligando o aterramento de ambos os circuitos.

No gerador de Funções os valores são escolhidos simplesmente apertando a tecla correspondente, exceto o valor da frequência, que é feito no botão giratório **FREQ,** e o alcance da varredura. O *display* digital apresenta o valor da frequência escolhida, que deve ser multiplicado pelo da tecla pressionada na fileira ESCALA. A forma de onda é selecionada em uma das três teclas sen, triang, quand. Girando **SWEEPT** (varredura), o instrumento torna-se um Gerador de Varredura, com a frequência base indicada no *display* e alcance de varredura pelo botão giratório **SWEEPT**, partindo de um mínimo (não varredura) até um certo limite. No ATENUADOR, seleciona-se o índice de atenuação do nível do sinal. O sinal gerado é extraído do conector **OUT**, por meio de uma ponta de prova, acompanhada de garra jacaré para aterramento.

OSCILOSCÓPIO

1. Introdução

O osciloscópio é um aparelho utilizado para medidas de voltagem (corrente contínua, DC ou corrente alternada, AC) e frequências. As leituras são obtidas graficamente por meio da tela do osciloscópio.

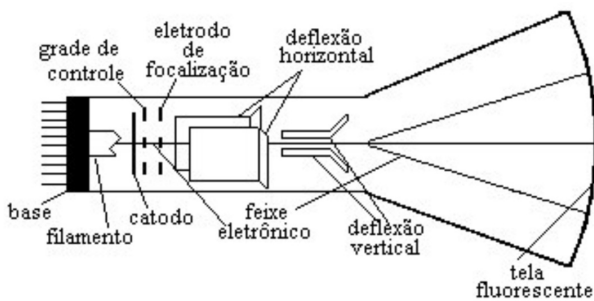



Figura 125 - Osciloscópio de tubo de raios catódicos

Para entender o funcionamento básico do osciloscópio, iremos dividi-lo em suas partes básicas:

- **TRC - Tubo de Raios Catódicos** - É composto de um tubo onde se faz vácuo no qual é inserido o canhão eletrônico - filamento aquecido (figura 125).

Esse filamento é responsável pela emissão e aceleração dos elétrons, onde os mesmos atingem uma tela fosforescente localizado na parte frontal do TRC, produzindo assim a luminescência necessária para visualização do gráfico.

- **Deflexão eletrostática** - Quando o feixe de elétrons parte do canhão eletrônico passa por meio de quatro placas (duas verticais e duas horizontais) nos quais o feixe é deflexionado horizontalmente ou verticalmente (veja figura

126). Cada placa é um potencial variável de acordo com o sinal de entrada varrendo toda a tela do TRC.

- **Fonte de alimentação –** Destina-se a suprir o aparelho, utilizando uma voltagem de corrente alternada, transformando-a em corrente contínua e mantendo-a estabilizada. Essa voltagem é distribuída para diversos pontos do osciloscópio.
- **Painel de controle** - O osciloscópio é dotado de seletores com escalas para volts por divisão e tempo por divisão (veja figura 125). De acordo com o modelo do osciloscópio, podemos ter o chamado traço duplo ou simples.

O traço duplo permite analisar dois canais de entrada e consequentemente dois seletores de canais por divisão. Este tipo de osciloscópio é largamente utilizado pelas vantagens que oferece na comparação de sinais. O traço simples é menos utilizado por possuir apenas um canal de entrada dificultando assim seu desempenho na análise dos sinais.

Iremos agora detalhar melhor o painel de controle do osciloscópio de 20 MHZ 1020 traço duplo. Observando a figura 126 temos:

2. Osciloscópio de traço duplo

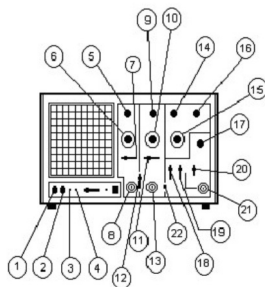
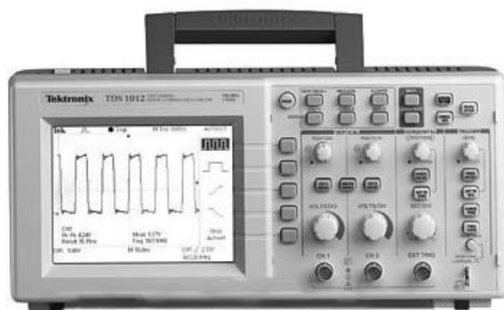



FIGURA 126 - PAINEL DO OSCILOSCÓPIO 20MHZ MODEL 1020 DA LEADER

1. **Ajuste de intensidade** - Este ajuste permite aumentar ou diminuir o brilho do traço;
2. **Ajuste de foco** - Permite ajustar a nitidez do traço;
3. **Ajuste de rotação** - Este comando permite ajustar a rotação do traço;
4. **Ponto de teste para 5 Volts pico a pico** - este ponto de teste serve como padrão para ajustar o osciloscópio antes de fazer qualquer medida;
5. **Ajuste de posição vertical** - Permite movimentar o traço para cima e para baixo na tela do osciloscópio;
6. **Ajuste de voltagem por divisão** - Seleciona escala de voltagem por divisão, isto é, de acordo com a escala selecionada, teremos uma voltagem correspondente a cada divisão na tela do osciloscópio;

7. **Chave seletora AC/DC** - Seleciona o tipo de corrente de entrada: AC (corrente alternada), DC (corrente contínua) e GND (terra);

8. **Tomada de entrada de sinais** - Conector tipo BNC, destinado à entrada do sinal para o amplificador vertical do canal 1;

9. **Ajuste de posição vertical** - Permite movimentar o traço para cima e para baixo na tela do osciloscópio;

10. **Ajuste de voltagem por divisão** - Seleciona escala de voltagem por divisão, isto é, de acordo com a escala selecionada, teremos uma voltagem correspondente a cada divisão na tela do osciloscópio;

11. **Chave seletora AC/DC** - Seleciona o tipo de corrente de entrada: AC (corrente alternada), DC (corrente contínua) e GND (terra);

12. **Chave Mode** - seleciona o canal 1 ou o canal 2. O mode Chop insere os dois sinais ao mesmo tempo na tela. O mode Alt alterna os dois sinais ao mesmo tempo, e o mode Add soma os dois sinais;

13. **Tomada de entrada de sinais** - Conector tipo BNC destinado à entrada do sinal para o amplificador vertical do canal 1;

14. **Ajuste de posição horizontal** - Este comando permite posicionar o traço para a esquerda ou para a direita;

15. **Chave seletora de tempo por divisão** - Este ajuste permite a variação do período do traço na tela do osciloscópio, de acordo com a escala selecionada. Teremos um período correspondente a cada divisão, sendo esta no sentido horizontal;

16. **Ajuste de variação do tempo** - Permite a variação do período linearmente;

17. **Ajuste de Trigger** - Com este ajuste, é possível fixar a forma de onda quando a mesma está sem sincronismo horizontal;

18. **Chave Coupling** - Esta chave permite cinco posições:

a) **ac** -Permite selecionar o modo corrente alternada para entrada de um sinal externo (trigg-in);

b) **hf-rej** - Permite medir uma forma de onda com interferências (ruídos), filtrando o sinal;

c) **dc** - Seleciona a entrada de forma de ondas em corrente contínua;

d) **TV-H** - Permite a separação de um sinal de vídeo na componente horizontal;

e) **TV-V** - Permite a separação de um sinal de vídeo na componente vertical;

19. **Chave Source** - Consiste em cinco posições:

a) **Alt** - Permite injetar um sinal externo alternado com um dos canais;

b) **CH-1** - Injeta o sinal externo no canal 1;

c) **CH-2** - Injeta o sinal externo no canal 2;

d) **Line** - Fixa o sinal externo de entrada por meio do comando trigger;

e) **Ext** - Entrada de sinal de sincronização externa.

20. **Chave slope** - Inverte a forma de onda (polarização);

21. **Conector de entrada de sinal externo** - Conector tipo BNC, destinado à entrada do sinal para o amplificador horizontal;

22. **Conector de terra.**

3. Pontas de prova

Cada osciloscópio traz duas pontas de prova que lhe estão associadas. Estas destinam se a ligar as entradas do osciloscópio a determinados pontos do circuito que se pretende analisar. As pontas de prova são projetadas para não interferir com o circuito que se pretende analisar. Assim, são internamente compensadas para não introduzirem nem capacitâncias nem indutâncias parasitas no circuito. Para diminuir ainda mais a interferência das pontas de prova no circuito, estas possuem um botão atenuador (X10). Quando este está ligado, a ponta de prova aumenta a resistência de entrada do osciloscópio de *10MΩ* para *100MΩ* e o sinal medido é atenuado dez vezes. Cada um dos canais do osciloscópio pode ser configurado para compensar esta atenuação. Em circuitos não muito sensíveis, o botão da ponta de prova deve, então, estar configurado para que não exista atenuação, ou seja, deve-se apresentar na posição 1X. As pontas de prova possuem uma resistência em série de cerca de 300Ω. Por isso não é aconselhável introduzir sinais no circuito.

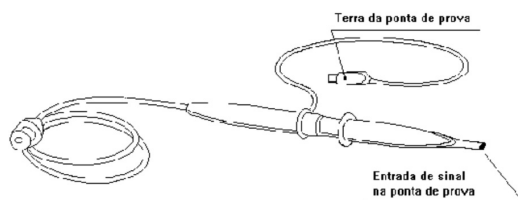



Figura 127 – Pontas de prova de ociloscópio
Fonte: Catálogo Minipa, 2009/9

Alguns osciloscópios digitais podem fazer a varredura a ”velocidades” baixas como uma vez por hora, emulando um gravador em papel de tira. Isto é, o sinal passa pela tela da direita para a esquerda. A maioria dos osciloscópios mais sofisticados mudam do modo de varredura para o modo de escrita, em tira, com cerca de uma varredura a cada dez segundos. Se não fosse assim, o osciloscópio iria aparentar estar quebrado: está coletando informações, porém o ponto não pode ser visto na tela.

4. Osciloscópio com armazemento digital

TDS 220 Digital Real-Time Oscilloscope (top); P5100 High-Voltage Probe (right).

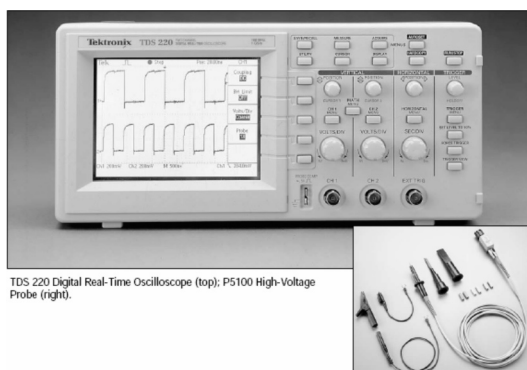



Figura 128 – Osciloscópio com armazenamento digital
Fonte – Catálogo Gwinstek, 2008/9

O osciloscópio com armazenamento digital (DSO) é atualmente o tipo preferido da maioria das aplicações industriais, apesar de osciloscópios análogicos CRO simples ainda serem utilizados por hobbistas. O osciloscópio digital substitui o método utilizado no osciloscópio de armazenamento analógico por uma memória digital, que é capaz de armazenar as informações por quanto tempo forem necessárias sem degradação. Isto também permite um processamento complexo do sinal por circuitos de processamento de sinal digital de altas velocidades.A entrada vertical, ao invés de controlar o amplificador vertical, é digitalizado por um **conversor analógico-digital** para criar um conjunto de informações que é armazenado na memória de um microprocessador. O conjunto de informações é processado e então enviado para a tela, que nos osciloscópios mais antigos era um tubo de raios catódicos, porém atualmente pode ser também um LCD. Osciloscópios com o LCD colorido são comuns. O conjunto de dados pode ser enviado através de uma LAN ou WAN para processamento ou arquivamento. A imagem da tela pode ser diretamente gravada no papel utilizando-se uma impressora ou *plotter*, sem a necessidade de uma câmera para osciloscópios. O próprio *software* de análise de sinal pode extrair muitas características úteis, como: tempo de

subida, largura de pulso e amplitude, espectros de frequência, histogramas e estatísticas, mapas de persistência, e um grande número de parâmetros úteis para profissionais de campos especializados, como as telecomunicações, análises de drives de disco e eletrônica de potência.

4.1 Operações básicas

A seguir, é fornecida uma breve descrição dos principais controles de um osciloscópio digital do laboratório (modelo Tektronix, TDS210 ou 220), e alguns exemplos de sua utilização em medições simples. O painel frontal de um equipamento desse tipo é mostrado na Figura 129.

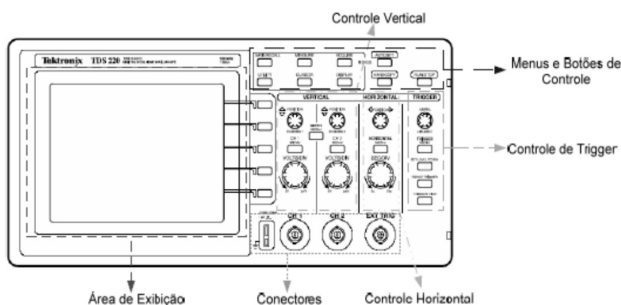



FIGURA 129 – PAINEL FRONTAL DO OSCILOSCÓPIO TDS 220
FONTE: CATÁLOGO GWINSTEK

4.2 Área do display

Na aquisição para exibir formas de onda, o *display* é preenchido com muitos detalhes sobre a forma de onda e os dados do instrumento de controle (Figura 130).

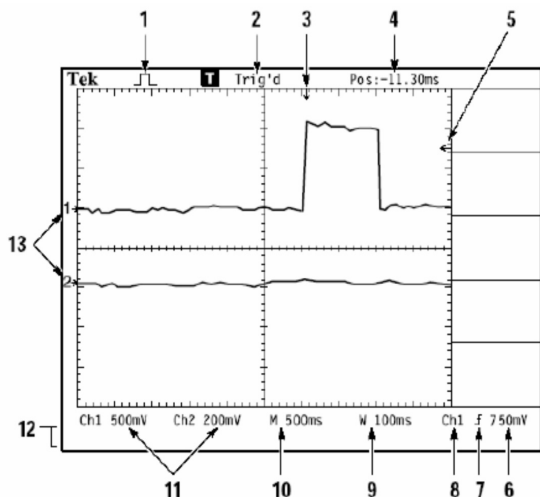



FIGURA 130 – DETALHE DO DISPLAY

1. Este ícone do *display* mostra o modo de aquisição do osciloscópio.

Modo de amostragem.

Modo de detecção de pico.

Modo médio.

O símbolo "*Trigger*" representa:

Armed. O Osciloscópio está fazendo uma aquisição de dado pré-Trigger. Todos os Triggers são ignorados neste estado.

R Ready. Todos os dados pré-Trigger foram adquiridos e o osciloscópio está pronto para aceitar um Trigger.

T Trig'd. O osciloscópio viu um Trigger e está adquirindo um dado pós-Trigger.

R Auto. O osciloscópio está no modo automático e está adquirindo formas de onda na ausência do Trigger.

Scan. O osciloscópio está adquirindo e mostrando continuamente dados da forma de onda no modo "scan".

Stop. O osciloscópio parou a aquisição de dados da forma de onda.

Este ícone de *Trigger* mostra o seguinte:

Trigger ajustado para borda de subida.

Trigger ajustado para borda decida.

Vídeo Trigger para linha de sincronismo.

Vídeo Trigger para campo de sincronismo.

FIGURA 131 – ICONES DE TRIGGER

A figura 131 acima mostra a fonte de *Trigger* utilizada para "triggar".
A figura 131 acima mostra o principal ajuste da base de tempo.
Estes campos mostram os fatores da escala vertical dos canais.
Esta área de exibição mostra mensagens momentâneas.
Estes marcadores na tela mostram os pontos de referência do "terra" da forma de onda apresentada. Se estes marcadores não estiverem aparecendo, isto indica que o canal não está sendo mostrado.

5. Osciloscópio baseado em computador

Apesar de a maioria das pessoas pensarem no osciloscópio como um instrumento dentro de uma caixa, um novo tipo de "osciloscópio" está surgindo,

Ele consiste de um conversor analógico-digital externo (algumas vezes com sua própria memória ou com habilidade de processamento de dados) conectado a um PC que provê o *display*, interface de controle, armazenamento em disco, rede e muitas vezes a alimentação elétrica. A viabilidade destes **Osciloscópio baseados em PC** está no seu uso comum e no baixo custo dos PCs padrão. Isto torna o instrumento particularmente prático para o mercado educacional, onde os PCs são comuns, porém os investimentos em equipamentos são comumente baixos.

As vantagens dos osciloscópios baseados em PC incluem custo reduzido (considerando que o usuário já possua um PC).

6. Medida com osciloscópio

6.1 Medida de frequência

Suponha que o botão do seletor de tempo esteja na escala de 20µs, como mostra a figura 132. Isto significa que para divisão horizontal na tela temos uma variação de tempo de 20µs. Se um ciclo completo da senóide ocupa 14 divisões na direção horizontal da tela, teremos um período de catorze divisões vezes 20µs, portanto:

$$T = 14 \times 20\mu s = 280\mu s$$

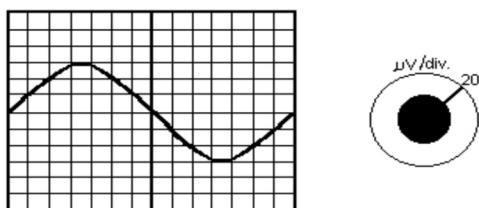



FIGURA 132 - MEDIDA DA FREQUÊNCIA NO OSCILOSCÓPIO.

Então, o período será de 280µs. Para obter a freqüência, basta calcularmos o inverso da frequência,

$$f = \frac{1}{T}$$

Assim: f = 3.571 Hz

6.2 Medida de voltagem

Há dois tipos de medidas de voltagem: corrente contínua e corrente alternada.

Corrente Contínua - Para medirmos tensão no osciloscópio, selecionamos a chave DC. Suponha que a chave seletora de voltagem esteja na posição 20mV

por divisão. Na tela do osciloscópio, observamos um traço horizontal sobre a terceira divisão vertical. Então, para obtermos a voltagem, simplesmente multiplica-se o número de divisões verticais pela escala correspondente de 20mV (como mostra a figura 133). Assim, o valor da voltagem é: V = 60mV.

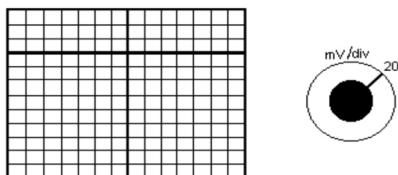



FIGURA 133 - MEDIDA DE DC NO OSCILOSCÓPIO

Corrente Alternada - Coloque a chave seletora na posição AC e suponha que a escala esteja em 10 mV por divisão. Observe na tela do osciloscópio quantas divisões verticais existem de pico a pico na forma de onda (veja figura 134). Para obtermos a voltagem pico a pico é só multiplicar o número de divisões por 10mV, então Vpp = 60mV. Para encontrarmos o valor da voltagem de pico, teremos que dividir por 2 o valor da Vpp, que é Vp = Vpp/2; então, Vp = 30mV.

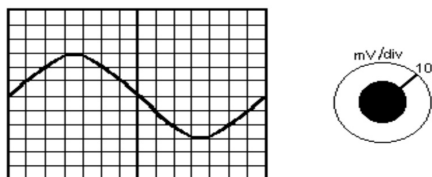



FIGURA 134 - MEDIDA DE CA NO OSCILOSCÓPIO

Finalmente, para encontrarmos o valor eficaz (ou RMS) da voltagem, teremos que multiplicar o valor de Vp por 0.707, isto é:

Vrms = 0,707 x Vp

Portanto o valor eficaz ou RMS é:

Vrms = 21,21 mV.

7. Figuras de Lissajous

Introdução

Consideremos o caso em que nas placas horizontais do osciloscópio são aplicadas tensões senoidais de frequência igual ou múltipla da tensão aplicada à placa vertical. As figuras que se obtêm na tela, devido à interação do feixe eletrônico com os campos elétricos variáveis e perpendiculares entre si, são denominadas figuras de Lissajous.

Em cada instante, o feixe atingirá a tela em uma posição diferente. A situação volta a repetir-se ao final de um tempo que é mínimo múltiplo comum dos períodos de variação das duas tensões. O efeito visual é o de uma trajetória contínua que se inscreve em retângulos cujos lados correspondem às deflexões máximas do feixe eletrônico nas direções vertical e horizontal respectivamente. Vamos entender melhor estas figuras analisando dois casos:

a) Quando as tensões senoidais aplicadas possuem a mesma frequência porém, com uma defasagem de θ.

Suponhamos que as tensões senoidais aplicadas na horizontal e na vertical, respectivamente, sejam X e Y e de mesma frequência ώ. Então:

X = X0 sen (ώ t) (1)

Y = Y0 sen (ώt +θ) (2)

Considerando que θ é a defasagem entre as duas ondas.

Se eliminarmos o tempo e a frequência entre as duas equações, teremos a equação de uma elipse, da seguinte forma:

Multiplicando os dois lados da equação 1 por cosθ teremos:

X/X0 cosθ= senώ.t.cosθ (3)

e abrindo a equação 2 pela relação trigonométrica;

Y / Y0 = sen ώ.t.cosθ + senθ. cosώ.t (4)

Subtraindo 4 de 3 teremos;

Y / Y0 – X / X0 cos θ= senθ.cosώ.t (5)

Elevando-se as equações 4 e 5 ao quadrado e somando-as;

$$\left(\frac{X}{X_0}\right)^2 - \frac{XY\cos\theta}{X_0Y_0} + \left(\frac{Y}{Y_o}\right)^2 = \text{sen}^2\,\theta \qquad (6)$$

A equação 6 é a equação de uma elipse qualquer que seja θ. Elipse esta que está inscrita num retângulo de lados 2X0 e 2Y0, como mostra a figura 136:

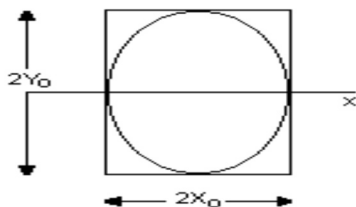



Figura 136 – Elipse de lissajous

Há dois casos particulares para a equação 6;

1) para θ= 0º;

$$\left(\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0}\right)^2 = 0$$

Equação de uma reta;

X = a. Y

2) para θ= 90º; (supondo as duas ondas de mesma amplitude)

X2 + Y2 = 1

Que é a equação de uma circunferência.

Portanto na tela do osciloscópio deverá aparecer uma elipse quando tais tensões forem injetadas na horizontal e na vertical respectivamente. A forma da elipse dependerá do ângulo de defasagem θ. A figura 137 mostra como isto acontece na tela do osciloscópio:

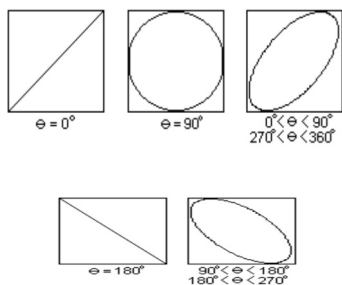



FIGURA 137 - LISSAJOUS PARA ONDAS DE FREQUÊNCIAS IGUAIS E FASE DIFERENTE

Para dois sinais quaisquer de mesma frequência e defasados, teremos na tela do osciloscópio uma elipse, como mostramos acima. Na figura 138 temos a composição de 2 sinais defasados e a elipse resultante.

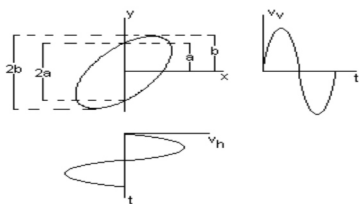



FIGURA 138 - MEDIDA DA FASE ENTRE DUAS ONDAS

Vv(t) = Vvmax. sen (ώ.t + Δθ)

Considerando, Vvmax = b e Vv(t) = a , para t = 0

Substituindo, temos:

a = b sen (ώ.0 +Δθ)

a = b sen Δθ

Portanto:

sen Δθ= a / b

Δθ= arcsen b / a (7)

Para determinarmos a defasagem por meio da elipse obtida, basta obtermos os valores de (a) e (b). Considerando-se que a representa a distância entre o centro da elipse e o ponto onde esta corta o eixo (y) e (b) representa a distância entre o centro da elipse e o ponto máximo da figura. Para facilitar

a leitura, podemos determinar os valores de 2a e 2b e calcular a defasagem utilizando a relação:

$$\Delta\theta = \text{arcsen } 2a / 2b$$

B- As tensões aplicadas na horizontal e na vertical possuem frequências diferentes.

Neste caso, teremos na tela do osciloscópio figuras complexas. A figura 139 mostra o caso em que a frequência do sinal injetado na vertical é duas vezes maior que a frequência do sinal injetado na horizontal. A figura obtida é um oito deitado. Na figura 139 seria a mesma se a relação entre as frequências fossem 100 para 50 como 200 para 100, etc. A forma da figura depende, então, da relação entre as frequências. Claro que se conhecemos uma delas, poderemos determinar a outra.

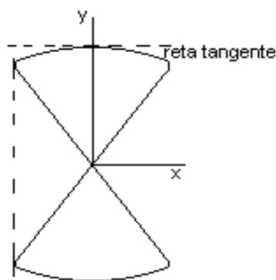



FIGURA 139 - MEDIDA DE FREQUÊNCIA USANDO FIGURA DE LISSAJOUS

1 fh = 2 fv portanto $fv / fh = 1 / 2$

Generalizando, teremos:

$$fv / fh = Nh / Nv \qquad (8)$$

Considerando fv = frequência vertical

fh = frequência horizontal

Nv = número de tangência vertical

Nh = número de tangência horizontal

Esta técnica é válida para figuras fechadas.

Outra forma de determinar a frequência desconhecida (serve para qualquer figura, aberta ou fechada), é traçar uma reta na horizontal e vertical (figuras 138 e 139) na qual corta o maior número de pontos possíveis. Assim você terá número de pontos na horizontal (Nh) e vertical (Nv) e pode usar a equação 8.

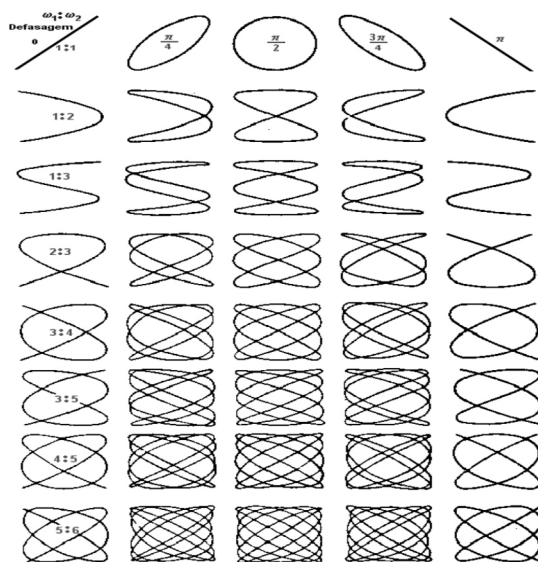



Figura 140 - Lissajous em duais dimensões mostram a razão da frequência e a fase entre os dois movimentos perpendiculares.

8. Analisador de espectro

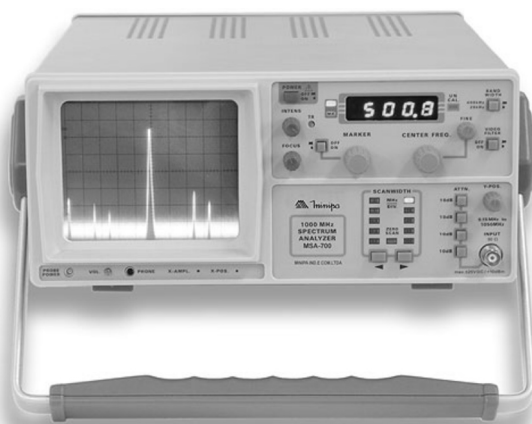



Figura 141 – Analisador de espectro
Fonte: Manual de operação Minipa

8.1 Introdução

Analisando os sinais elétricos que passam ou que são transmitidos por seu sistema ou dispositivo, você poderá determinar a performance destes, encontrar problemas, resolver os problemas, etc.

A ferramenta de medição usada para podermos ver estes sinais é denominada analisador de espectro. Este instrumento pode fornecer um quadro claro e preciso do espectro de frequências.

É importante conhecer os analisadores de espectro para que o processo de análise de espectro seja proveitoso.

Compreender os aspectos importantes de um analisador de espectro irá ajudá-lo a fazer medições mais precisas e dar-lhe a confiança de estar interpretando os resultados corretamente.

8.2 Quais medidas que fazemos

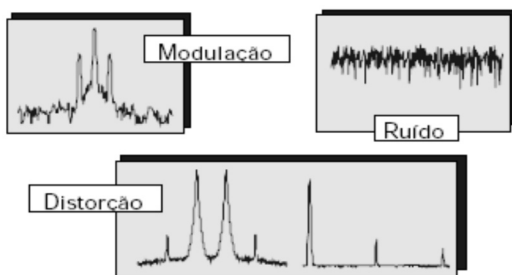



FIGURA 142 – TIPOS DE MEDIDAS

Há diversos testes/medições diferentes que podem ser feitos com um analisador de espectro. Os três mais comuns são as medições de modulação, as medições de distorção e as medições de ruído.

Entre as medições típicas de modulação estão o grau de modulação, a amplitude de banda lateral, a qualidade de modulação e a largura de banda ocupada.

A distorção de seu sistema/dispositivo pode ser bastante problemática. Entre os testes usados para verificar a performance de distorção estão; intermodulação, harmônicas e emissões de espúrios.

Não é importante apenas compreender o sinal que você está transmitindo, amplificando, filtrando, etc., mas também é muito importante medir o ruído no sistema/dispositivo para caracterizar a sua contribuição para a performance global.

A compreensão dos testes que você precisa fazer é crítica para a escolha da ferramenta de medição correta e para obter o máximo desta ferramenta.

8.3 Domínio da freqüência X tempo

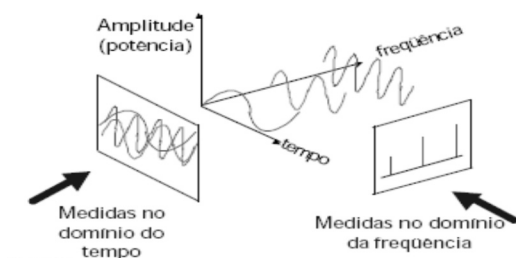



FIGURA 143 – MEDIDAS DE FREQUÊNCIA DE AMPLITUDE E TEMPO

Tradicionalmente, a observação de um sinal elétrico envolvia o uso de um osciloscópio, com a visualização do sinal no domínio do tempo. Embora esta seja uma informação bastante importante, não é o quadro completo.

Para compreender completamente a performance de seu sistema/ dispositivo, você também terá de analisá-lo no domínio da frequência.

A figura acima mostra que, no domínio da frequência, todas as componentes de frequência são somadas umas às outras e colocadas na tela. No domínio da frequência, os sinais formados por mais de uma frequência são decompostos em componentes de frequências diferentes.

As medições no domínio da frequência têm diversas vantagens:

Você pode ver todas as diversas componentes de frequência, que não podem ser identificadas individualmente em um osciloscópio.

Alguns sistemas são por natureza orientados ao domínio da frequência: por exemplo, FDMA ou FDM em comunicações. Para verificar a performance destes sistemas, é necessário analisá-los no domínio da frequência.

A partir desta visão do sinal, é possível fazer facilmente medições de frequência, potência, conteúdo de harmônicas, modulação, ruídos espúrios, usando somente um analisador de espectro.

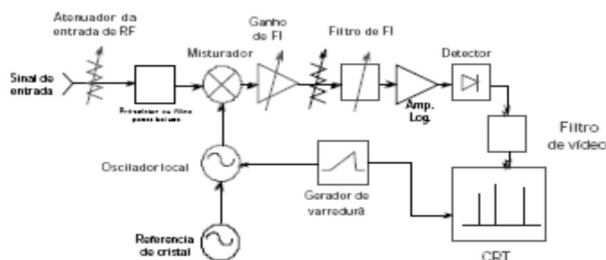



Figura 144 - Diagrama de blocos do analisador de espectro

O desenho acima é um diagrama de blocos básico de um analisador de espectro sintonizado em varredura.

Antes que falemos sobre como tudo isto funciona junto para mostrar uma tela de frequência versus amplitude na tela, primeiro, discutiremos rapidamente cada um dos componentes principais individualmente.

É importante compreender a função de cada parte de forma que, quando olharmos o diagrama de blocos como um todo, este faça sentido.

Entre os principais componentes de um analisador de espectro estão: atenuador de entrada de RF, misturador, ganho de FI, filtro de FI, detector, filtro de vídeo, tela CRT, gerador de varredura e oscilador local.

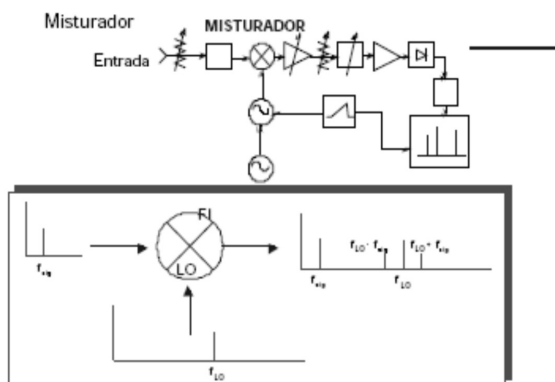



FIGURA 145 – DIAGRAMA EM BLOCO (PARTE I)

Um misturador é um dispositivo de três portas, que converte um sinal de uma frequência a outra frequência (sendo às vezes denominado de dispositivo de translação de frequência).

Colocamos um sinal de entrada em uma das portas de entrada e o sinal do oscilador local na outra porta de entrada.

Por definição, o misturador é um dispositivo não-linear, o que significa que haverá frequências na saída que não estavam presentes na entrada.

As frequências de saída produzidas por um misturador serão os sinais de entrada originais mais as frequências resultantes da soma e da diferença dos dois sinais acima.

É a frequência da diferença destas frequências acima que é de interesse do analisador de espectro, como veremos em breve. Nós chamamos este sinal de sinal de FI, ou o sinal da frequência intermediária.

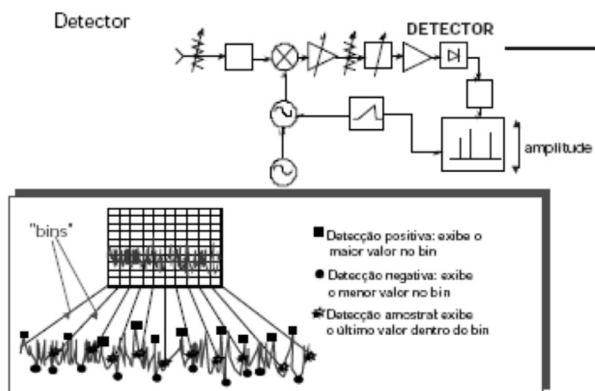



FIGURA 146 – DIAGRAMA EM BLOCO (PARTE II)

O detector é o componente que converte o sinal de FI em um sinal de banda base ou de vídeo, de forma que este possa ser visto na tela do instrumento.

Isto é feito com um detector de envelope, que em seguida controla a deflexão do eixo y, ou o eixo da amplitude, da tela CRT.

A maior parte dos analisadores de espectro modernos possui telas digitais, que primeiro digitalizam o sinal de vídeo por um ADC. Isto permite o uso de diversos modos de detector diferentes, o que pode afetar bastante o modo como o sinal é exibido.

O eixo x do analisador de espectro pode ser visto como sendo formado por diversos "bins" (ou elementos de curva), a partir dos quais os dados são amostrados digitalmente. Uma pergunta lógica seria: Qual o ponto do bin que usamos como ponto de dados?

No modo de detecção positiva, tomamos o valor de pico do sinal na duração de um elemento de curva, enquanto que, no modo detecção negativa, o valor usado será o valor mínimo. O modo de detecção positiva é tipicamente usado na análise de ondas senoidais; entretanto, não é bom para identificar o ruído, pois não mostra a aleatoriedade real do ruído.

No modo de detecção amostral, é produzido um valor aleatório para cada bin. Este é o melhor modo para se ver sinais de ruído ou similares ao ruído. Este não é um bom modo para sinais em *burst* ou de banda estreita, pois o analisador pode perder os sinais de interesse.

Quando a tela estiver mostrando sinais e ruído, o melhor modo será o modo normal, ou o modo "rosenfell". Este é um modo "inteligente", que mudará bastante o seu modo de operação com base no sinal de entrada. Por exemplo, se a curva subiu (*rose*) e desceu (*fell*) dentro de um bin de amostragem, será considerado que isto é ruído, e a detecção positiva e negativa serão usadas alternadamente. Se a curva continuar a subir, será considerado que este é um sinal e a detecção de pico positivo será usada.

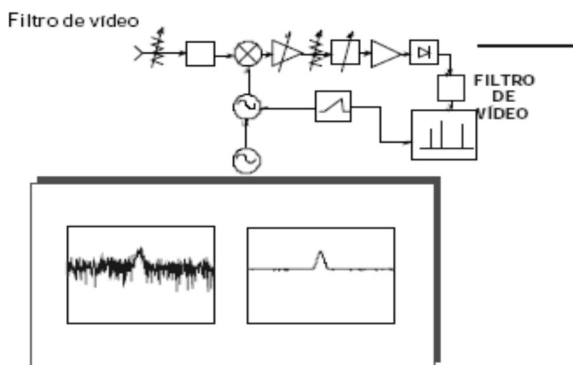



Figura 147 – Diagrama em bloco (Parte III)

O filtro de vídeo é um filtro passa-baixas localizado após o detector e antes do CRT.

Este filtro é usado para determinar o valor médio ou aplicar a suavização dos pontos da curva mostrada na tela, como mostrado na figura.

O analisador de espectro mostra o sinal mais o ruído; desta forma, se um sinal estiver próximo do ruído, será muito difícil vê-lo.

Se mudarmos o valor de VBW, podemos reduzir estas variações pico a pico do ruído e facilitar a visualização do sinal.

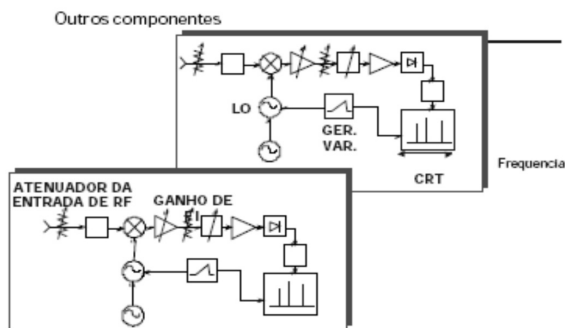



FIGURA 148 – DIAGRAMA EM BLOCO (PARTE IV)

O LO é um oscilador controlado por tensão que fornece a frequência de LO para a entrada do misturador.

O gerador de varredura é usado para sintonizar o LO, alterando a frequência deste proporcionalmente à tensão da rampa. Este gerador também controla a deflexão horizontal do feixe do CRT, criando o domínio da frequência no eixo x.

A tela CRT é, obviamente, a tela do analisador de espectro em que podemos ver e analisar os nossos sinais.

Nós não comentamos alguns componentes em nossa descrição do diagrama de blocos.

O atenuador de entrada de RF e o ganho de FI.

O atenuador de entrada de RF é usado para ajustar o nível do sinal no misturador. Esta é uma função importante, pois protege o misturador dos sinais de níveis altos e/ou banda larga. Estes sinais podem fazer o misturador entrar em sua zona de compressão.

O ganho de FI é usado para ajustar a posição vertical dos sinais na tela sem afetar o nível do sinal no misturador. Quando alterarmos este nível, o nível de referência será alterado na mesma proporção.

Estes dois componentes trabalham em conjunto. Quando o atenuador de entrada de RF tiver o seu valor alterado, o ganho de FI será alterado automaticamente, de forma a manter os sinais em sua mesma posição na tela.

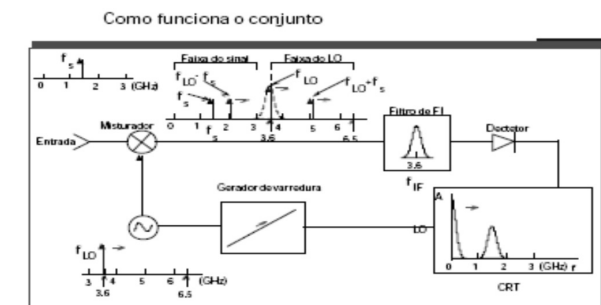



Figura 149 – Tela CRT

Agora, vamos colocar tudo junto. Observe que, embora o atenuador de entrada de RF, ganho de FI e filtro de vídeo sejam importantes, eles não são críticos para a descrição do funcionamento do analisador.

O sinal a ser analisado é colocado na entrada do analisador. Este sinal é combinado com o LO por meio do misturador para ser convertido em FI.

Estes sinais são enviados ao filtro de FI, cuja saída é detectada, indicando a presença de um sinal na frequência sintonizada no analisador.

A tensão de saída do detector controla o eixo vertical (amplitude) da tela CRT.

O gerador de varredura realiza a sincronização entre o eixo horizontal (frequência) e a sintonia do LO.

A tela resultante mostra a amplitude versus frequência das componentes espectrais de cada sinal na entrada.

Figura 150 – Operação pelo painel frontal do analisador de espectro
Fonte: Manual de operação Minipa, 2008/9

Aqueles que já usaram analisadores de espectro antes, já conhecem um pouco da operação do painel frontal.

Para aqueles que não estão familiarizados com os analisadores de espectro, daremos uma rápida olhada nos controles básicos.

Obviamente, precisamos colocar o nosso sinal de entrada na entrada de RF.

As três principais funções para a configuração de um analisador são: frequência – para qual ponto da frequência iremos olhar; amplitude - qual é o tamanho de nosso sinal? e *span* - qual é o tamanho de "janela" de frequência pela qual iremos olhar? Estas geralmente são as teclas de maiores dimensões físicas do painel frontal.

As outras funções de controle principais geralmente usam teclas menores.

O controle de RBW (Banda de Resolução), tempo de varredura e VBW (Video BW) são algumas das funções mais importantes.

Muitas vezes, o analisador terá "softkeys" (teclas de software) que fornecem acesso a muitas outras funções/recursos por meio de apenas uma tecla física.

A maior parte dos analisadores permite que você introduza valores usando o teclado numérico, ajustando o valor para cima ou para baixo até o valor desejado por meio de um controle do painel frontal, ou aumentando ou reduzindo o valor em incrementos fixos, usando as teclas de direção.

FIGURA 151 – TELA FRONTAL DE ANALISADOR DE ESPECTRO

8.4 Especificações

Resolução: Largura de banda de resolução

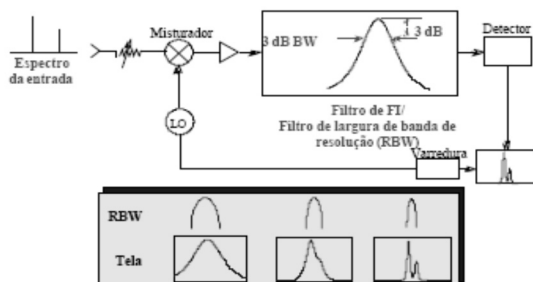



FIGURA 152 – RESOLUÇÃO DE LARGURA DE BANDA

É possivel alterar a RBW para ver dois sinais muito próximos entre si.

Isto ocorre porque, na verdade, o que o analisador mostra na tela é o formato da curva do filtro de FI, quando o sinal de entrada sintonizado passa por este filtro.

A largura de banda do filtro de FI é definida como a largura de banda a 3 dB. Este é o modo pelo qual a RBW é especificada nos dados técnicos do fabricante Agilent. Outros fabricantes podem especificar a largura de banda de 6 dB.

O preço da varredura muito rápida é ter uma tela descalibrada

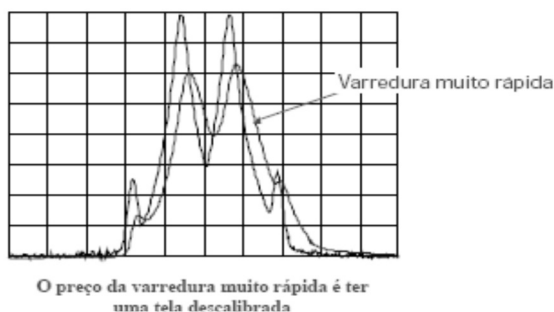



Figura 153 – Resolução RBW

Quando reduzimos a largura de banda para obter uma melhor resolução, a varredura por estas bandas leva um tempo maior, porque é necessário um determinado tempo finito para obtermos a resposta completa em uma banda.

Quando o tempo de varredura for curto demais, os filtros de RBW não conseguirão responder completamente e a resposta apresentada estará descalibrada em amplitude e frequência - a amplitude será baixa demais e a frequência será alta demais (deslocada para cima) devido ao retardo pelo filtro.

Os analisadores de espectro têm uma função automática de definição do tempo de varredura, que seleciona automaticamente o tempo de varredura mais rápido possível para o *span*, RBW e VBW selecionados.

Para a seleção de RBW, geralmente, há uma sequência de 1-10 ou 1-3-10 da RBW disponível (alguns analisadores de espectro definem este valor em incrementos de 10% do valor total).

Ter um maior número de valores de RBW é melhor, porque isto permite a escolha da resolução apenas suficiente para fazer a medição, com o menor tempo de varredura possível.

Por exemplo, se uma resolução de 1 kHz (tempo de varredura de 1 segundo) não for suficiente, um analisador com a sequência 1-3-10 poderá fazer a medição em uma BW de Res. de 300 Hz (tempo de varredura de 10 s),

enquanto que um analisador com uma sequência 1-10 deverá usar uma BW de Res. de 100 Hz (tempo de varredura de 100 s).

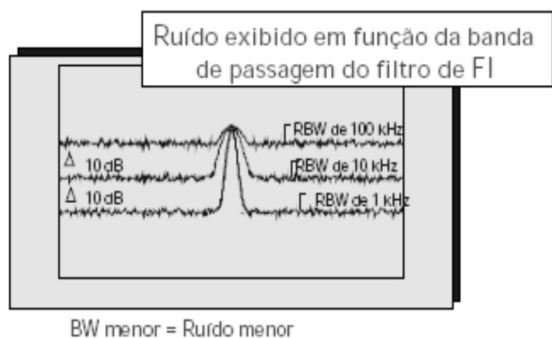



Figura 154 – Ruído exibido em função da banda de passagem do filtro de FI

O DANL (*Displayed Average Noise Level* - Nível de Ruído Médio Apresentado) é uma função do RBW:

O ruído gerado internamente no analisador de espectro é aleatório e não possui componentes espectrais discretas. Além disso, seu nível é plano por uma faixa de frequência que é ampla quando comparada com as faixas de RBW.

Isto significa que o ruído total que chega ao detector (e é apresentado na tela) é relacionado à RBW selecionada.

Como o ruído é aleatório, este será adicionado em forma de potência, desta forma o nível de ruído apresentado e a RBW têm uma relação entre si de 10.log.

Em outras palavras, se a RBW for aumentada (ou reduzida) por um fator de 10, dez vezes mais (ou menos) energia atingirá o detector e o nível de ruído médio apresentado (DANL) será aumentado (ou reduzido) em 10 dB.

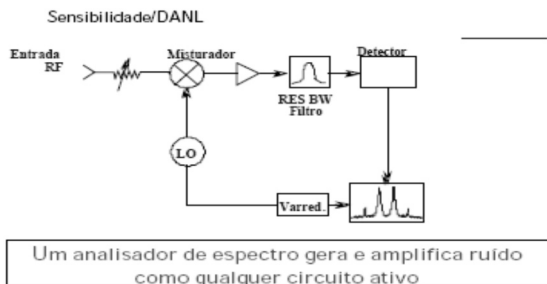



Figura 155 – Analisador de espectro

A quarta especificação que iremos discutir é a sensibilidade.

A sensibilidade de qualquer receptor é uma indicação da qualidade com que podemos medir sinais de níveis pequenos.

Um receptor perfeito não inclui nenhum ruído adicional ao valor original de ruído térmico presente. Na prática, entretanto, todos os receptores, incluindo os analisadores de espectro, adicionam algum valor de ruído gerado internamente, proveniente principalmente do primeiro estágio de ganho.

Os analisadores de espectro geralmente caracterizam a sensibilidade especificando um nível de ruído médio apresentado (DANL) em dBm, com o menor valor de RBW.

DANL é simplesmente outro termo para piso de ruído do instrumento em uma determinada largura de banda.

Esta é a limitação fundamental para a medição de sinais de níveis baixos. Um sinal de entrada que esteja abaixo deste nível de ruído não poderá ser detectado.

Geralmente, a sensibilidade está na ordem de -90 dBm a -145 dBm.

É importante conhecer as características de sensibilidade de seu analisador, para determinar se ele medirá adequadamente os seus sinais em níveis baixos.

Figura 156 – O nível eficaz do ruído apresentado é função da atenuação de RF

Um aspecto do ruído interno do analisador que frequentemente é ignorado é o seu nível eficaz como uma função do valor do atenuador de entrada de RF.

Como o ruído interno é gerado após o misturador, o atenuador de entrada de RF não exerce efeito sobre o nível de ruído real.

Entretanto o atenuador de entrada de RF não afeta o nível de sinal na entrada e, desta forma, reduz a relação sinal/ruído (SNR - *Signal to Noise Ratio*) do analisador.

A melhor SNR é obtida com a menor atenuação de entrada de RF possível.

Observe na figura seguinte que o nível do sinal apresentado na tela não é reduzido com o aumento da atenuação.

Lembre-se da seção de teoria de operação. Nela o atenuador de entrada de RF e o ganho de FI são vinculados entre si.

Desta forma, conforme aumentamos a atenuação de entrada de RF em 10 dB, o ganho de FI será aumentado simultaneamente em 10 dB para compensar esta perda. O resultado é que o sinal apresentado na tela se mantém constante, mas o nível de ruído (amplificado) é aumentado em 10 dB.

Figura 157 – A BW de vídeo amortece o ruído

Na seção de teoria de operação, vimos como o filtro de vídeo pode ser usado para suavizar o ruído de forma a facilitar a identificação de sinais de níveis baixos e, como estamos falando sobre a medição de sinais de níveis baixos, repetiremos isto aqui.

A VBW, entretanto, não afeta a resolução de frequência do analisador (como a RBW) e, desta forma, alterar a VBW não irá melhorar a sensibilidade.

Entretanto a VBW poderá melhorar a capacidade de identificação e a repetibilidade em medições com relações sinal/ruído baixas.

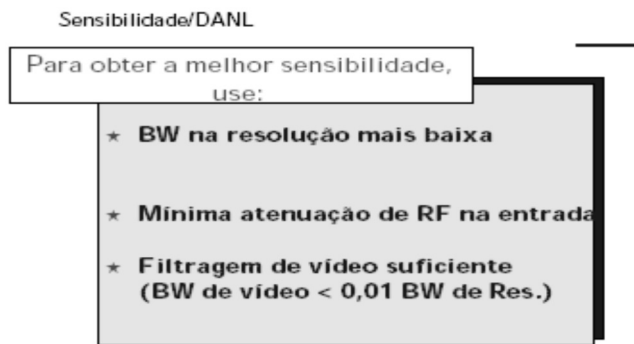



Figura 158 – Para obter melhor sensibilidade

Com base no que aprendemos, podemos ver que a melhor sensibilidade é obtida com:

1. a menor RBW (reduz o ruído);
2. a atenuação mínima de entrada de RF (aumenta o sinal);
3. o uso de filtragem de vídeo suficiente (ser capaz de ver e ler sinais de níveis baixos) (VBW menor ou igual a 0,1 a 0,01 da RBW).

Observe, entretanto, que ter a melhor sensibilidade poderá entrar em conflito com outros requisitos da medição.

Por exemplo, RBWs menores aumentam bastante o tempo da medição.

Além disso, a atenuação de entrada de 0 dB aumenta a incerteza do descasamento, desta forma, reduzindo a precisão da medição.

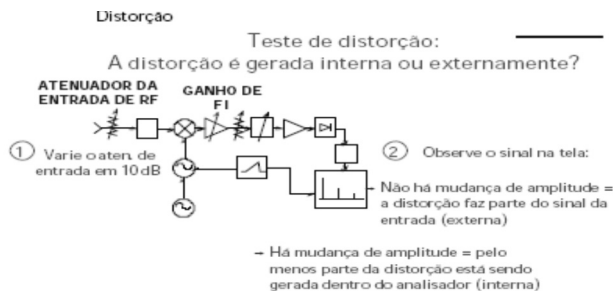



Figura 159 – Descrição do teste de distorção

Antes de deixarmos esta seção sobre a distorção, há um teste que deve ser feito em todas as medições de distorção que pode nos dizer se o que estamos vendo na tela é uma distorção gerada internamente ou uma distorção causada pelo DUT.

Lembre-se de que o atenuador de entrada de RF e o ganho de FI estão ligados um ao outro, de forma que os sinais de entrada não terão a sua posição na tela alterada quando ajustarmos a atenuação de entrada de RF. Desta forma, vamos variar a atenuação de entrada de RF e ver o que acontece.

Se o produto da distorção na tela não for alterado, podemos ter certeza de que esta é uma distorção gerada no DUT (isto é, na parte do sinal de entrada). A atenuação de 10 dB aplicada ao sinal está também recebendo um ganho de 10 dB do ganho de FI e, desta forma, não haverá alteração.

Se, entretanto, o sinal na tela for alterado, saberemos, pelo menos em parte, que a distorção está sendo gerada em algum lugar após o atenuador de entrada, e não totalmente no DUT. A atenuação de 10 dB não é aplicada a este sinal interno (pois é, na verdade, gerada após o atenuador). Ainda assim, o ganho de 10 dB é aplicado a este sinal, desta forma, aumentando o seu nível em pelo menos 10 dB.

8.5 Características

Os recursos são classificados em áreas de aplicação, para melhor descrevermos as suas funções.

O primeiro grupo, de Operação Básica, representa alguns dos recursos principais que melhoram o uso do analisador em qualquer aplicação.

Os outros se referem a aplicações específicas, embora o recurso, não necessariamente, seja usado somente nesta determinada aplicação.

Os detalhes das aplicações propriamente ditas não serão fornecidos aqui, pois este não é o objetivo deste material.

8.6 Operação básica: operação remota, marcadores e linhas limite

Entre alguns recursos que são úteis para a operação básica estão a operação remota, os marcadores e as linhas limite.

Para a operação automatizada/remota, um computador é usado para controlar diretamente a operação do analisador de espectro pelo GP-IB.

Os computadores são também usados para desenvolver programas os quais podem ser transferidos por *download* (DLPs), que são rotinas personalizadas para a execução de medições como figura de ruído, ruído de fase e diversos testes de comunicações digitais. Estes programas tornam os testes muito mais rápidos e fáceis.

Além disso, os analisadores de espectro que contam com o recurso de interface paralela ou RS-232 podem controlar diretamente uma *plotter* ou impressora para obter cópias da tela CRT. Analisadores com o recurso GP-IB podem ser facilmente usados com a inclusão de um conversor de GP-IB para interface paralela.

Com os marcadores, você poderá encontrar rápida e precisamente a amplitude e frequência dos picos de sinais e determinar a diferença entre picos.

Os modernos analisadores de espectro oferecem o recurso de linhas limites eletrônicas. Com este recurso, você pode comparar os dados da curva com um conjunto de parâmetros de amplitude e frequência (ou tempo) enquanto o analisador de espectro estiver varrendo a faixa de medição.

Quando o sinal de interesse estiver dentro das fronteiras da linha limite, o analisador apresentará a mensagem PASS (aprovado). Se o sinal ultrapassar as fronteiras da linha limite, será exibida a mensagem FAIL (reprovado).

8.7 Captura de picos: Max hold

Medições de modulação: detector AM/FM com alto-falante

A maior parte dos analisadores de espectro modernos possui a detecção AM/FM com alto-falantes.

Os detectores AM/FM internos com alto-falantes permitem que você ouça a modulação.

Em outras palavras, com estes detectores você poderá ouvir a fonte da interferência, além de vê-la na tela.

"Ver" um sinal no domínio da frequência não ajuda a identificar o sinal interferente.

Entretanto "ouvir" o sinal é muito, muito mais útil para determinarmos se a fonte da interferência é uma estação de rádio AM, uma estação de rádio FM, uma estação de TV, um operador de rádio amador, etc.

Medições de modulação: controle por *gate*.

TDMA - "Acesso Múltiplo por Divisão no Tempo"

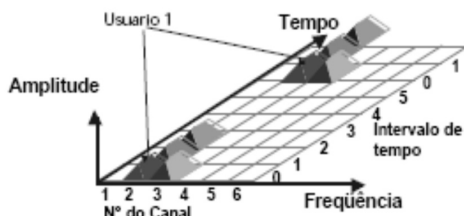



Figura 160 – Acesso múltiplo por divisão no tempo
Fonte: Manual de operação Minipa, 2008/9

Para explicar o recurso de controle por *gate* de um analisador de espectro, usaremos uma aplicação de comunicação digital, o Acesso Múltiplo por Divisão no Tempo (TDMA).

Este é um método comum usado em comunicações para aumentar a capacidade do canal.

O TDMA divide os canais de frequência em *slots*, de forma que os usuários possam usar uma mesma frequência, mas em *timeslots* diferentes.

Para manter a qualidade do serviço, você precisará verificar a *performance* nos domínios do tempo e da frequência.

O *timing* dos *bursts*, assim como os tempos de subida e descida, devem ser testados para verificar se os *bursts* em *timeslots* adjacentes não se sobrepõem uns aos outros.

Examinando o espectro de RF no domínio da frequência, você pode verificar a qualidade da modulação, por exemplo.

Quando estiver examinando o espectro, será importante medir os efeitos totais da modulação de pulso em todo o sinal do canal, isto é, os efeitos da ativação e desativação do transmissor.

Será também importante compreender os efeitos provocados pela modulação contínua (somente quando o pulso estiver em *on*).

O recurso de controle por gate no analisador de espectro permite que façamos isto.

Medições de modulação: controle por *GATE*.

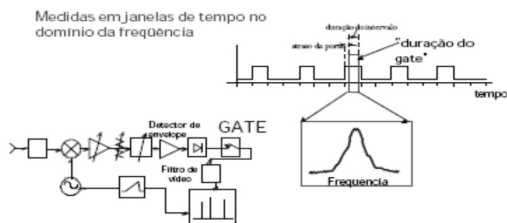



Figura 161 – Controle por GATE
Fonte: Manual de operação Minipa, 2008/9

O controle por *gate* permite que você controle o ponto em que será iniciada uma varredura no domínio do tempo, de forma que a varredura possa ser centralizada no *timeslot* desejado.

A implementação deste recurso no analisador é razoavelmente simples.

Um *gate* de vídeo, ou chave, é inserido entre o detector de envelope e o filtro de vídeo.

Controlando o início da varredura da medição (retardo do *gate*) e a duração da medição (duração do *gate*), você permitirá que o sinal atinja os circuitos de amostragem somente durante o intervalo de tempo selecionado.

Isto permite que você analise o espectro de frequência durante o tempo em que os espectros transientes (ativação e desativação do transmissor) estejam presentes, ou você poderá excluir ou filtrar este intervalo de tempo, de forma que você possa analisar o espectro resultante somente da modulação.

Medições de ruído: marcador de ruído e cálculo de média no vídeo.

Há alguns recursos em um analisador de espectro que podem tornar as medições de ruído mais fáceis e precisas.

O primeiro é um marcador de ruído. Selecionando *Noise Marker* ao invés do marcador normal, o valor apresentado será o valor equivalente na largura de banda de potência de ruído de 1 Hz.

Quando o marcador de ruído estiver selecionado, será usado o modo de detecção de amostragem (o melhor de todos para o ruído), com o cálculo da média dos diversos elementos de curva sobre o marcador, será aplicado um fator de correção para compensar os efeitos da detecção, largura de banda e amplificador logarítmico. Este valor será então normalizado para uma largura de banda de 1 Hz (fator de correção - o analisador é projetado para medir ondas senoidais, sendo necessário corrigir os efeitos internos que tornam as medições de ruído imprecisas).

O marcador de leitura direta é um recurso bastante conveniente para executar medições de ruído.

Outro recurso útil para fazer medições de ruído aleatório é o cálculo de média de vídeo.

Esta é uma média digital das informações de curva de um analisador de espectro, que somente está disponível em analisadores com apresentações em tela digitais.

O cálculo da média é feito em cada ponto da tela independentemente, sendo concluído após o número de varreduras selecionado.

Resposta a estímulos: gerador de *tracking*

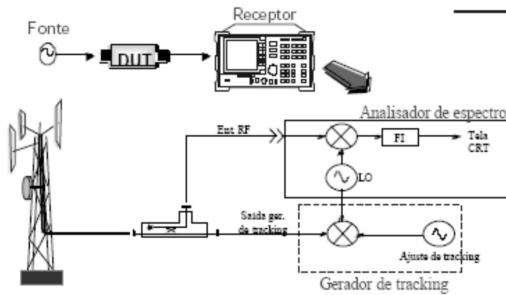



FIGURA 162 – GERADOR DE *TRACKING*
FONTE: MANUAL DE OPERAÇÃO MINIPA, 2008/9

Nas medições de resposta a estímulos, também denominadas medições de rede, aplicamos um sinal na entrada de nosso dispositivo/sistema e medimos a resposta na saída.

Desta forma, precisamos de uma fonte e de um receptor.

Entre as características de transferência que podemos medir, estão a resposta em frequência, perda de retorno, perda de conversão e ganho versus frequência.

Há dois instrumentos importantes que podem fazer as medições de estímulo – resposta: o analisador de rede e o analisador de espectro.

Você verá o uso do analisador de rede em maiores detalhes no material Princípios do NA.

Para usar um analisador de espectro em medições de estímulo - resposta, é necessário usar um gerador de *tracking*.

O gerador de *tracking* é tipicamente incorporado ao analisador de espectro, sendo uma fonte.

Esta é uma saída senoidal, cuja frequência é igual à frequência da entrada do analisador, de forma que siga (acompanhe) a sintonia do analisador de espectro.

A saída do gerador de *tracking* (fonte) é conectada à entrada do DUT e a resposta é medida pelo analisador (receptor).

O gerador de *tracking* acompanha o analisador conforme este avança em sua varredura, de forma a permitir a medição das características de transferência de seu dispositivo.

Tabela 4 – Características de TDMA

	NECESSIDADE	RESPOSTA
TDMA	Diversos tipos de modulação	Modulação, taxas e filtros flexíveis.
CDMA	Sinal de teste de componentes	Superior qualidade dos sinais em múltiplos canais
CDMA e TDMA	Solução integrada	Gerador em um instrumento
W-CDMA	Simulação de sinais	Especial para o DoCoMo da NTT Taxas e filtros flexíveis
TDMA	Teste de BER	Analisador interno de BER
Outros	Adaptação às mudanças nos requisitos de teste	Duas ondas arbitrárias internas Opção de geração digital personalizada com upgrade

9. Terrômetro digital

9.1 Introdução

O terrômetro digital é um instrumento portátil que permite medir a resistência e a tensão de terra. Ele é indicado para ser usado na verificação dos sistemas de aterramento.

Ele tem dois modos de funcionamento: um utilizando uma chave de atuação instantânea ("PUSH-ON") e outro por meio de um *timer* que desliga automaticamente o terrômetro depois de aproximadamente 5 minutos, para economizar a energia das pilhas.

O terrômetro possui uma maleta protetora robusta, que serve para transportar e proteger o aparelho.

É de fundamental importância a completa leitura do manual e a obediência às instruções aqui contidas, para evitar possíveis danos ao terrômetro, ao equipamento sob teste ou choque elétrico no usuário.

Um terrômetro é um equipamento delicado e requer um operador habilitado, tecnicamente, caso contrário, poderá ser danificado.

9.2 Regras de segurança

As regras de segurança abaixo devem ser seguidas para garantir a segurança do operador e evitar danos ao terrômetro:

a. Assegure-se que as pilhas estejam corretamente colocadas e conectadas ao terrômetro.

b. Verifique se a chave seletora de função está posicionada na função adequada à medição que deseja efetuar.

c. Nunca ultrapasse os limites de cada escala, pois poderá danificar seriamente o terrômetro.

d. Nunca se deve medir o aterramento em um circuito que esteja energizado.

e. Quando não for usar o terrômetro por um período prolongado, remova as pilhas para evitar que em caso de vazamento das mesmas o terrômetro seja danificado.

f. Antes de usar o terrômetro, examine-o juntamente com as pontas de prova, para ver se apresentam alguma anormalidade ou dano. Em caso afirmativo, desligue o aparelho imediatamente, e o encaminhe para uma assistência técnica autorizada.

g. Não coloque o terrômetro próximo a fontes de calor, pois poderá deformar o seu gabinete.

h. Quando estiver trabalhando com eletricidade, nunca fique em contato direto com o solo ou estruturas que estejam aterradas, pois em caso de acidente, poderá levar um choque elétrico e dependendo da intensidade do choque elétrico, pode até ocorrer a morte do usuário. Utilize de preferência calçados com sola de borracha.

i. Correntes muito baixas são o suficiente para provocar a desagradável sensação do choque elétrico. E acima de 200mA, pode ocorrer parada cardio-respiratória.

j. Tentar medir tensões que ultrapassem a capacidade do terrômetro irá danificá-lo e expor o usuário ao risco de choque elétrico.

k. Lembre-se de pensar e agir com segurança.

9.3 Especificações

Gerais

a. *Display*: de cristal líquido (LCD) com 3 1/2 dígitos (1999).

b. Funções: memória ("HOLD"), resistência e tensão de terra.

c. Indicação das pilhas descarregadas: o sinal de pilhas descarregadas será exibido no *display* quando as pilhas estiverem com pouca carga.

d. Indicação de sobrecarga: o dígito mais significativo (dígito mais à esquerda no *display*) ficará aceso.

e. LED indicador de circuito fechado: o led vermelho acenderá quando a ligação de todos os cabos de teste estiver correta.

f. Ambiente de uso recomendado: Ambientes internos e externos sem chuva.

g. Temperatura de operação: De 0º a 40ºC.

h. Umidade de operação: Menor que 80% sem condensação.

i. Temperatura de armazenagem: De –20º a 60ºC (< 80% RH) sem condensação.

j. Alimentação: seis pilhas de 1,5V tipo AA.

k. *Timer*: O terrômetro será desligado automaticamente após cinco minutos.

Elétricas

Obs: A exatidão está especificada por um período de um ano após a calibração, em porcentagem da leitura mais número de dígitos menos significativos. Sendo válida na faixa de temperatura compreendida entre 18ºC a 28ºC e umidade relativa inferior a 70% sem condensação.

a. Resistência de terra (Sistema de medição por meio de inversor de corrente constante 820Hz/2mA)

Tabela 5 – Resistência de terra

Escala	Resolução	Exatidão	Corrente de curto
20 Ohm	0,01 Ohm	±(1,0% + 2 dig.)	2mADC
200 Ohm	0,1 Ohm		
2.000 Ohm	1 Ohm		

b. Tensão de terra

Tabela 6 – Tensão de terra

Escala	Resolução	Exatidão	Resposta em freqüência
200V	0,1V	±(1,0% + 2 dig.)	de 40 a 500Hz

9.4 Preparações para medir

Lembre-se de que, ao trabalhar com eletricidade, você estará exposto ao risco de levar um choque elétrico, que pode causar desde queimaduras até a morte. Nunca trate essas medições com menos importância, cuidado ou atenção.

a. Caso o terrômetro apresente algum defeito ou sinal de quebra, encaminhe-o para uma assistência técnica autorizada.

b. Caso as pontas de prova apresentem sinais de quebra ou dano, troque-as por outras novas, prevenindo-se contra choque elétrico e perda de isolação.

c. Ao efetuar qualquer medição, leve sempre em consideração as orientações do item de segurança.

9.5 Regras de segurança

9.5.1 Métodos de medição

Tensão de terra

a. Enterre as hastes auxiliares a uma distância compreendida entre cinco a dez metros uma da outra, e de forma alinhada, a partir da haste que você deseja fazer a medida.

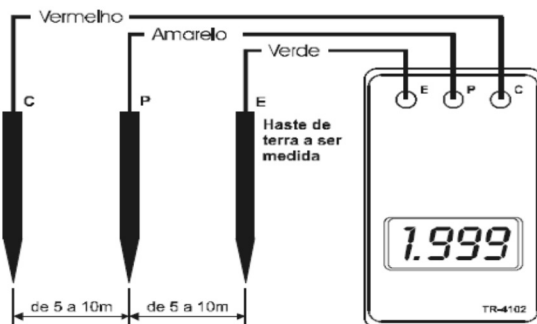



Figura 163 – Parte frontal do terrômetro

b. Se a terra onde forem fincadas as hastes auxiliares for muito seca ou do tipo arenoso, jogue bastante água ao redor das hastes auxiliares.

c. Conecte o pino banana verde do cabo de teste no *borne* "E" do terrômetro, o vermelho no "C" e o amarelo no "P".

d. Conecte a garra jacaré verde do cabo de teste na haste de terra na qual quer fazer a medição.

e. Conecte a garra jacaré amarela do cabo de teste na haste auxiliar intermediária.

f. Conecte a garra jacaré vermelha do cabo de teste na haste auxiliar mais afastada.

g. Selecione a função "ACV" por meio da chave seletora de funções.

h. Leia o valor da tensão de terra no *display* do terrômetro.

i. Se o valor da tensão de terra for superior a 10V, o valor da resistência de terra medida no próximo item não terá exatidão, e o sistema de aterramento estará com alguma deficiência que deverá ser corrigida para efetivamente proteger os equipamentos e as pessoas.

j. Caso você deseje memorizar o valor da leitura, basta deslocar a chave "HOLD" para a posição "ON". O valor da leitura ficará congelado no *display* até que a chave "HOLD" seja colocada novamente na posição "OFF".

Resistência de terra

a. Enterre as hastes auxiliares a uma distância compreendida entre cinco a dez metros uma da outra, e de forma alinhada, a partir da haste que você deseja fazer a medida.

b. Se a terra onde for fincada as hastes auxiliares for muito seca ou do tipo arenoso, jogue bastante água ao redor das hastes auxiliares.

c. Conecte o pino banana verde do cabo de teste no borne "E" do terrômetro, o vermelho no "C" e o amarelo no "P".

d. Conecte a garra jacaré verde do cabo de teste na haste de terra na qual quer fazer a medição.

e. Conecte a garra jacaré amarela do cabo de teste na haste auxiliar intermediária.

f. Conecte a garra jacaré vermelha do cabo de teste na haste auxiliar mais afastada.

g. Selecione a função "–" por meio da chave seletora de funções.

h. Selecione a escala de "20–" utilizando a chave seletora de escala.

i. Pressione a chave "PUSH ON".

j. Leia o valor da resistência de isolação exibido no *display* do terrômetro.

k. Caso apenas o dígito "1" mais significativo (dígito mais à esquerda) fique aceso no *display*, então, você deverá mudar para uma escala maior para poder obter a leitura.

l. Terminada a leitura, libere a chave "PUSH ON" para desligar o terrômetro.

m. Na escala de "2K–" será normal o *display* exibir um valor compreendido entre 300 e 600 Ohm mesmo sem nenhum cabo de teste conectado ao terrômetro.

9.5.2 Uso do timer

a. Quando você desejar fazer a medição da resistência de terra por um tempo maior e que o terrômetro se desligue automaticamente, use a opção do *timer*.

b. Para ativar o *timer*, pressione a chave "PUSH ON" junto com o botão "ON" do timer.

c. A terrômetro fará a medida por aproximadamente cinco minutos e depois disso se desligará.

d. Para desligar o terrômetro antes de esgotado o tempo de cinco minutos, pressione o botão "OFF" do *timer*.

9.5.3 Troca de pilhas

a. Quando o sinal de pilhas descarregadas aparecer no *display*, você deverá trocá-las por pilhas novas para garantir o perfeito funcionamento do aparelho.

b. Remova os cabos de teste e desligue o terrômetro.

c. Remova o gabinete do terrômetro de dentro da maleta protetora.

d. Remova o parafuso da tampa do compartimento das pilhas, que se encontra na parte traseira do gabinete do terrômetro e remova a tampa.

e. Retire as pilhas descarregadas.

f. Conecte as pilhas novas observando a polaridade correta.

g. Encaixe a tampa do compartimento das pilhas no lugar e aperte o parafuso.

10. Megôhmetro

10.1 Introdução

O megôhmetro digital é um instrumento portátil que permite medir a resistência de isolação com a opção de selecionar entre quatro tensões de teste: 1KV, 2,5KV, 5KV e 10KV. Ele é indicado para ser usado no teste de instalações e equipamentos elétricos.

Antes de iniciar o teste de isolação, o megôhmetro verifica e avisa se houver tensão presente no circuito ou no componente a ser testado.

O megôhmetro possui um microprocessador dedicado que automatiza o funcionamento e o teste de isolação, tornando o seu uso extremamente simples.

10.2 Regras de segurança

As regras de segurança abaixo devem ser seguidas para garantir a segurança do operador e evitar danos ao megôhmetro.

a. Assegure-se que as pilhas estejam corretamente colocadas e conectadas ao megôhmetro.

b. Ao selecionar a tensão de teste (1KV, 2,5KV 5KV e 10KV), seja extremamente cuidadoso em não selecionar uma tensão que ultrapasse a capacidade de isolação do circuito ou componente que você for testar.

c. Nunca se deve medir resistência ou isolação em um circuito que esteja energizado, ou antes que os capacitores do mesmo estejam descarregados.

d. Quando não for usar o megôhmetro por um período prolongado, remova as pilhas para evitar que em caso de vazamento das mesmas o megôhmetro seja danificado.

e. Antes de usar o megôhmetro, examine-o juntamente com as pontas de prova, para ver se apresentam alguma anormalidade ou dano. Em caso afirmativo, desligue o aparelho imediatamente, e o encaminhe para uma assistência técnica autorizada.

f. Não coloque o megôhmetro próximo a fontes de calor, pois poderá deformar o seu gabinete.

g. Quando estiver trabalhando com eletricidade, nunca fique em contato direto com o solo ou estruturas que estejam aterradas, pois em caso de acidente poderá levar um choque elétrico e dependendo da intensidade do choque elétrico, pode até ocorrer a morte do usuário.

Utilize de preferência calçados com sola de borracha.

h. O megôhmetro gera tensões altas de até 10.000V. Seja extremamente cuidadoso, pois essas tensões podem ser fatais.

i. Correntes muito baixas são o suficiente para provocar a desagradável sensação do choque elétrico. E acima de 200mA, pode ocorrer parada cardio-respiratória.

j. Ao usar as pontas de prova, sempre mantenha os dedos atrás da saliência plástica de proteção circular. Nunca toque nas partes metálicas das pontas de prova

k. Lembre-se de pensar e agir com segurança.

10.3 Especificações

Gerais

a. *Display*: de cristal líquido (LCD) com duas linhas de 16 caracteres cada.

b. Funções: resistência de isolação com quatro tensões de teste 1KV, 2,5KV, 5KV e 10KV.

c. Seleção de escala: Automática (*autorange*).

d. Alerta de segurança: Para indicar a presença de tensão externa.

e. Indicação das pilhas descarregadas: será exibida no *display* a mensagem "REPLACE BATTERY".

f. Proteção: por meio de um fusível.

g. Ambiente de uso recomendado: Apenas ambientes internos.

h. Temperatura de operação: de 0º a 40ºC.

i. Umidade de operação: Menor que 80% sem condensação.

j. Temperatura de armazenagem: de –20º a 60ºC (< 80% RH) sem condensação.

k. Alimentação: oito pilhas alcalinas de 1,5V.

l. *Timer*: O megôhmetro será desligado automaticamente após 90 segundos no teste de isolação.

m. Indicação do teste de isolação em execução: por meio de sinal sonoro.

n. Conversor de tensão DC – DC. O megôhmetro usa um conversor de alta eficiência para transformar a tensão das pilhas em 1KV, 2,5KV,5KV e 10KV usado no teste de isolação.

o. O megôhmetro vem acompanhado de um manual de instruções e um jogo de pontas de prova.

p. O megôhmetro obedece às normas IEC-1010 (EN61010) e categoria sobre tensão CAT II.

Elétricas

Obs: A exatidão está especificada por um período de um ano após a calibração, em porcentagem da leitura mais número de dígitos menos significativos. É válida na faixa de temperatura compreendida entre 18ºC à 28ºC e umidade relativa inferior a 70% sem condensação.

Tabela 7 - Medidas de megôhmetro

Tensão de teste	Escala	Exatidão
1.000VDC	60GOhm	±(5,0% + 2 dig.)
2.500VDC	150GOhm	
5.000VDC	300GOhm	
10.000VDC	600GOhm	

10.4 Preparações para medir

Lembre-se de que, ao trabalhar com eletricidade, você estará exposto ao risco de levar um choque elétrico, que pode causar desde queimaduras até a morte. Nunca trate essas medições com menos importância, cuidado ou atenção.

a. Caso o megôhmetro não apresente um funcionamento normal, verifique se o fusível não está queimado.

b. Caso o megôhmetro apresente algum defeito ou sinal de quebra, encaminhe-o para uma assistência técnica autorizada.

c. O megôhmetro possui um sistema de segurança que verifica se existe tensão presente no circuito ou componente que ele irá testar. Se houver tensão presente, ele emitirá um sinal sonoro e uma mensagem no *display*. Nestes casos, interrompa imediatamente o teste, desconectando as pontas de prova.

d. Caso as pontas de prova apresentem sinais de quebra ou dano, troque-as por outras novas, prevenindo-se contra choque elétrico e perda de isolação.

e. Verifique se a mensagem de pilhas descarregadas aparece no *display*.

f. Ao efetuar qualquer medição, leve sempre em consideração as orientações das

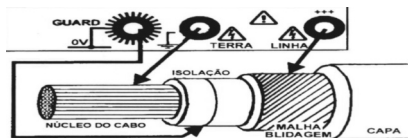



Figura 164 – Esquema de ligações das pontas de prova
Fonte: Manual de operação Minipa, 2008/9

10.5 Regras de segurança

10.5.1 Métodos de medição

Resistência de isolação - Atenção risco de vida:

Durante este teste, tensões de até 10.000VDC estarão presentes nos *bornes* de saída do megôhmetro.

Estas tensões são extremamente perigosas tanto para o ser humano, quanto para o equipamento sendo testado. Não toque em hipótese alguma nos *bornes* de saída do megôhmetro e nem nas partes metálicas das pontas de prova.

a. Certifique-se que não exista nenhuma tensão no circuito ou componente a ser testado. Caso você tente fazer este teste em um circuito ou componente energizado, o megôhmetro emitirá um aviso de advertência.

b. Não realize a medição da resistência de isolação em ambientes ou equipamentos úmidos. Poderá ocorrer a perda de isolação e choque elétrico.

c. Na medição da resistência de isolação é muito importante que as pontas de prova estejam em perfeito estado de conservação, secas e com a isolação plástica impecável, caso contrário você correrá o risco de levar um violento choque elétrico.

d. Ligue o megôhmetro pressionando o botão "ON/TEST". O megôhmetro exibirá uma mensagem no *display*, pedindo para que seja selecionada a tensão de teste.

e. Selecione uma das tensões de teste disponíveis pressionando o botão "10KV", "5V", "2,5KV" ou "1KV". Com 1KV você pode medir resistência de isolação até 60GOhm, com 2,5KV, até 150GOhm, com 5KV, até 300GOhm e com 10KV, até 600GOhm. Cuidado para não usar uma tensão de teste que ultrapasse a capacidade de isolação do circuito ou componente a ser testado.

f. O *display* do megôhmetro exibirá a mensagem pedindo que as pontas de prova sejam conectadas. Aplique as pontas de prova no circuito ou componente que deseja medir.

g. Pressione o botão "ON/TEST".

h. O megôhmetro irá verificar se existe tensão presente no circuito ou componente que será testado. Se ele detectar a presença de tensão, emitirá um sinal sonoro e a mensagem "LIVE WARNING – CIRCUIT LIVE" no *display*. Neste caso, interrompa o teste e remova as pontas de prova. Só volte a fazer o teste depois de certificar-se de desligar a alimentação do circuito ou componente.

i. Caso o megôhmetro não detecte a presença de tensão, ele irá iniciar o teste, indicando no *display* a tensão aplicada, o tempo de duração do teste e o valor da resistência de isolação.

j. Se durante o teste o *display* exibir a mensagem "LOW M–", interrompa o teste imediatamente, pois o circuito ou componente poderá estar em curto circuito ou não suportar a tensão de teste aplicada.

k. Ao pressionar o botão "ON/TEST" por menos que 3 segundos, o megôhmetro realizará o teste no modo econômico e ao pressionar por mais de 3 segundos, o tempo de duração do teste será de 99 segundos. Depois de decorrido esse tempo, o teste será interrompido.

l. Caso você queira interromper o teste, basta pressionar novamente o botão "ON/TEST".

m. Após o término do teste, o megôhmetro irá descarregar a alta tensão usada. A descarga pode ser observada por meio da barra gráfica no *display* e as pontas de prova só deverão ser desconectas após o término da descarga, quando a palavra "HOLD" aparecer no *display*, e o sinal sonoro for finalizado com um *beep* longo de um segundo.

10.5.2 Troca das pilhas

a. Quando aparecer no *display* a mensagem "REPLACE BATTERY", você deverá trocar as pilhas para garantir o perfeito funcionamento do aparelho.

b. Remova as pontas de prova, desligue o megôhmetro.

c. Remova a tampa do compartimento das pilhas, que se encontra na parte traseira do gabinete do megôhmetro.

d. Retire as pilhas descarregadas.

e. Conecte as pilhas novas, observando a polaridade correta.

Recomendamos que sejam usadas pilhas alcalinas.

f. Encaixe a tampa do compartimento das pilhas no lugar. Não use o megôhmetro sem a tampa colocada para evitar o risco de choque elétrico.

10.5.3 Troca do fusível

a. O fusível fica alojado no mesmo compartimento das pilhas.

b. Remova as pontas de prova, desligue o megôhmetro e coloque a chave seletora de função na posição "ACV".

c. Remova a tampa do compartimento das pilhas, que se encontra na parte traseira do gabinete do megôhmetro.

d. Retire o fusível queimado.

e. Coloque um fusível novo. Não use em hipótese alguma um fusível de valor maior e nem faça um "jumper" com fio, pois o megôhmetro poderá ser seriamente danificado quando houver uma nova sobrecarga.

f. Encaixe a tampa do compartimento das pilhas no lugar. Não use o megôhmetro sem a tampa colocada para evitar o risco de choque elétrico.

10.5.4 Regenerador de cinescópio

No cinescópio (de televisor, monitor de vídeo ou osciloscópio), o cátodo do canhão emite elétrons, que formam um feixe em direção à tela. Com o tempo, o canhão vai perdendo esta capacidade de emitir elétrons (por desgaste do seu material).

O Tester/regenerador de Cinescópio, também conhecido em oficina Eletrônica por Chupeta, é o instrumento que testa o nível de emissão do canhão e, se necessário, regenera sua capacidade de emitir elétrons.

Retira-se o soquete do canhão, e no seu lugar encaixa-se o soquete do Tester/Regenerador de cinescópio (figura 165). Pressionando a tecla **emissão/ regeneração** em **emissão**, o nível de emissão do canhão é indicado pelo

ponteiro no mostrador **nível de emissão**, posicionando-se em uma das três regiões **ruim, médio, fraco**.

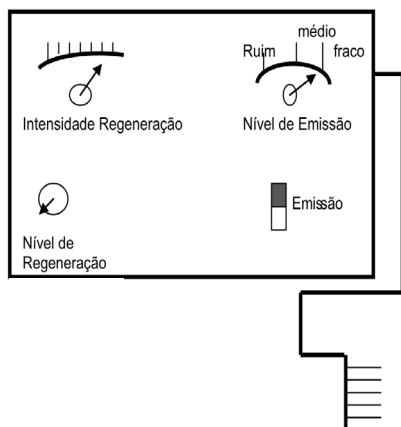
Se o nível de emissão estiver em **fraco** ou **médio**, pressiona-se a tecla **emissão/regeneração** em **regeneração**. O botão **nível de regeneração** é girado até uma posição compatível com a deficiência de emissão (emissão fraca, nível alto de regeneração, emissão média, nível médio de regeneração), observando-se no mostrador **intensidade de regeneração** qual o nível atingido a cada momento, pois a regeneração não é instantânea, demorando alguns minutos.

P/ soquete do cinescópio

Figura 165- Tester Regenerador de Cinescópio

O Frequencímetro é o instrumento especializado em medir a frequência de um sinal aplicado a sua ponta de prova (figura 166). O botão Nível de *Input* controla o ganho (ou atenuação) do sinal teste, adequando-o aos circuitos do instrumento. O *display* (geralmente digital) registra a frequência medida, que deve ser lida em unidades de Hz, kHz ou MHz, conforme a posição indicada pelo botão Escala.

O *Timer* é semelhante ao Frequencímetro, mas mede e registra o tempo de um ciclo do sinal teste (invertendo o tempo do ciclo, obtém-se a frequência, e vice-versa, conforme a equação: Frequência = 1/Tempo).

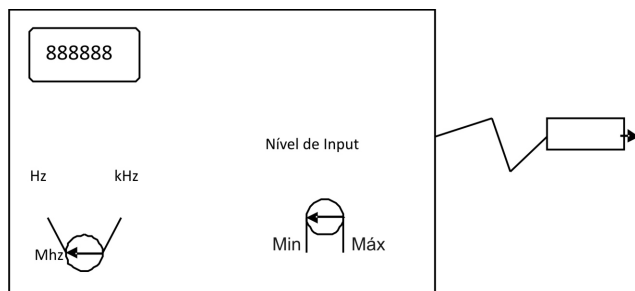



Figura 166 – Painel do Frequencímetro

11. Ponta de prova lógica

A Ponta de Prova Lógica é necessária no teste de qualquer dispositivo que tenha nos seus circuitos sinais digitais, mesmo que não se trate de um aparelho digital.

Assim, ao TESTER Digital, inclui-se uma ponta de prova capaz de detectar o nível lógico-digital de um sinal teste.

O sinal digital tem dois níveis: nível H ou 1, caracterizado por voltagem alta, e nível L ou 0 (zero), com voltagem baixa (ambos com certa especificação de corrente elétrica). Por exemplo, no padrão TTL o nível H/1 fica em torno de +5V e o nível L/0 em cerca de 0V. Existe ainda uma outra alternativa, conhecida por tristate (terceiro estado), correspondendo a um sinal que está cortado do circuito, não caracterizado por nível H/1 ou L/0.

O esquema de uma Ponta de Prova Lógica é visto na figura 167. Uma fonte **dc alimenta** os anodos de dois LEDs e de um oscilador de baixa frequência, cuja saída é amplificada e aparece no catodo do LED vermelho, ao mesmo tempo que é invertida e injetada no catodo do LED verde. Desta forma, quando o sinal do oscilador, está na fase positiva, a tensão é alta no catodo do LED vermelho, impedindo-o de conduzir e brilhar. Enquanto isto (devido à inversão), ele aparece como tensão baixa no catodo do LED verde, permitindo que ele conduza e brilhe. Na fase negativa do sinal do oscilador os papéis são invertidos, acendendo o LED vermelho e apagando o LED verde. Assim, os dois LEDs piscam alternadamente, na mesma frequência (perceptível a olho nu) do oscilador.

Figura 167 – Circuito da Ponta de Prova Lógica

Se a ponta de Prova é encostada em um ponto com nível H/1 (*bit* 1), sua tensão alta aparece no catodo do LED vermelho, apagando-o. Ao mesmo tempo, ela é invertida e surge como tensão baixa no catodo do LED verde, deixando-o brilhar. Mas se ela for encostada em ponto com nível l/0 (*bit* 0), a tensão baixa faz o LED vermelho brilhar e o LED verde permanecer apagado.

Portanto basta observar os LEDs para conhecer o nível lógico do sinal digital em teste:

- LED vermelho aceso / LED verde apagado: *bit* 0
- LED vermelho apagado / LED verde aceso: *bit* 1
- LED vermelho e LED verde acendendo, alternadamente, na frequência do oscilador: tristate.

Quando o sinal é ativado em nível H/1 ou L/0 em alta frequência (como geralmente ocorre em circuito digitais), os dois LEDs parecem estar brilhando simultaneamente, mas ligeiramente trêmulos (na verdade estão acendendo e apagando em alta velocidade).

Um circuito bastante prático para a Ponta de Prova Lógica é apresentado na figura 168 (os resistores de 10K e 4K7 determinam a frequência de oscilação; a tensão vcc pode ser obtida de pilhas comerciais. Caso os dois LEDs estejam piscando à velocidade inadequada – ou ambos sempre acessos – altere os valores dos resistores acima). Realizando-a com a plaquinha de circuito impresso, mostrado na figura 168. Encaixando-a em um tubo plástico, ela adquire o formato de uma caneta, como visto na figura 169.

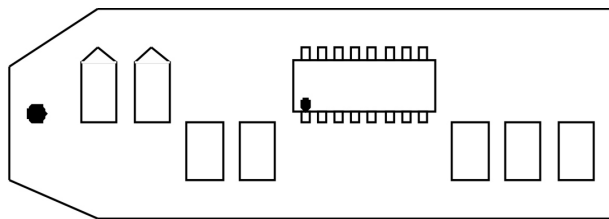



Figura 168 – Circuito impresso de ponta lógica

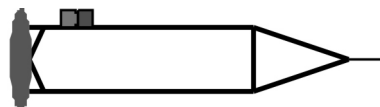



Figura 169 – Ponta lógica

REFERÊNCIAS

CATÁLOGO da Belzer. *In: Catálogos Cooper Tools Brasil*. São Paulo: Apex Tools Group, 2008/2009. Disponivel em: http://<www.belzer.com.br/catalogo_pdf.cfm>. Acesso em: abr. 2009.

CATÁLOGO da Mayle. *In: Catálogos Cooper Tools Brasil.* São Paulo: Apex Tools Group, 2008/2009. Disponivel em: http://<www.belzer.com.br/catalogo_pdf.cfm>. Acesso em: abr. 2009.

CATÁLOGO Minipa. São Paulo, 2008/2009.

CATÁLOGO Furukwa. Curitiba, 2008/9. Disponível em: < http://www.furukawa.com.br/portal/page?_pageid=393,215130,393_5231675&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em: maio 2010.

CATÁLOGO de produtos Gedore. São Paulo, 2009. Disponível em: < http://www.gedore.com.br/>. Acesso em: maio 2010.

CATÁLOGO GW Instek [sl]: [Sn], 2008/9.

CATÁLOGO Galdino e Tiossi Rodanas. [São Paulo]: [Sn], 2008/9.

CATÁLOGO IEL. [sl]: [sn], 2008/9.

CATÁLOGO da Nicholson. *In: Catálogos Cooper Tools Brasil*. São Paulo: Apex Tools Group, 2008. Disponivel em: http://<www.belzer.com.br/catalogo_pdf.cfm>. Acesso em: abr. 2009.

CATÁLOGO da Lufkin. . *In: Catálogos Cooper Tools Brasil*. São Paulo: Apex Tools Group, c2000-2005. Disponivel em: http://<www.belzer.com.br/catalogo_pdf.cfm>. Acesso em: abr. 2009.

CATÁLOGO Só escada. [sl]: [sn], 2008/9.

FÍSICA teórica e prática. São Paulo: Rideel, [198?].

MANUAL de Instruções: Multímetro digital. São Paulo: Minipa, 200_.

MANUAL de Instruções: Multímetro digital. São Paulo: Minipa, 200_.

MANUAL de Instruções: Osciloscópio analógico. São Paulo: Minipa, 200_.

MANUAL de Instruções: Osciloscópio digital. São Paulo: Minipa, 200_.

MANUAL de Instruções: Analisador de espectros. São Paulo: Minipa, 200_.

MEDOE, Pedro A. *Cabiamento de redes.* São Paulo: Saber,198?.

REIS, Martha. *Interatividade química*. São Paulo: FTD, 1999.

TRAMONTINA PRO: ferramentas profissionais : Programa 2010. [Porto Alegre], 2010. Disponível em: < http://www.tramontina.com.br/catalogo-produtos/edicao-tramontina-pro/#/1>. Acesso em: maio 2010.